



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño de una estación de radiodifusión AM digital en la ciudad de  
Guayaquil**

AUTOR:

Castro Franco, Cinthia Carolina

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Ruilova Aguirre, María Luzmila

Guayaquil, Ecuador

15 de marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**Castro Franco, Cinthia Carolina** como requerimiento para la obtención del  
título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

---

Ruilova Aguirre, María Luzmila

DIRECTOR DE CARRERA

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Castro Franco, Cinthia Carolina**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación “**Diseño de una estación de radiodifusión AM digital en la ciudad de Guayaquil**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

---

CASTRO FRANCO, CINTHIA CAROLINA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Castro Franco, Cinthia Carolina**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de una estación de radiodifusión am digital en la ciudad de Guayaquil**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

---

CASTRO FRANCO, CINTHIA CAROLINA

# REPORTE DE URKUND

**URKUND**

**Documento** [cinthia tesis CORREGIDA CAP 3.docx](#) (D26110401)

**Presentado** 2017-03-01 18:21 (-05:00)

**Presentado por** cinthiacastrofranco@gmail.com

**Recibido** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

**Mensaje** tesis cinthia castro segunda parte [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de esta aprox. 24 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 2 fuentes.

**Lista de fuentes Bloques**

Categoría	Enlace/nombre de archivo	
	<a href="#">TESIS-PARTE2.docx</a>	<input type="checkbox"/>
	<a href="#">ProyectoTitulacionEscalante.docx</a>	<input type="checkbox"/>
	<a href="http://es.slideshare.net/RadiosLliure...">http://es.slideshare.net/RadiosLliure...</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<a href="http://slideplayer.com/slide/4553287/">http://slideplayer.com/slide/4553287/</a>	<input type="checkbox"/>
	<a href="http://www.analfatecnicos.net/preg...">http://www.analfatecnicos.net/preg...</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

Reiniciar Exportar Compartir

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño de una estación de radiodifusión am digital en la ciudad de Guayaquil

AUTOR: Castro Franco, Cinthia Carolina

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Ruilova Aguirre, María Luzmila

## **DEDICATORIA**

Dedico mi proyecto de titulación al Ing. Rogelio Arosemena C. Por haberme ayudado económicamente y moralmente junto con su hija Nora Arosemena de Ambrosini, ya que ellos estuvieron pendientes de cada uno de mis pasos que daba a lo largo de mi carrera universitaria. Depositando su entera confianza en mí inteligencia y capacidad para afrontar cada reto que se me presento en la vida, que mi dios me los bendiga siempre y que les duplique el doble por toda la ayuda que me dieron.

CASTRO FRANCO, CINTHIA CAROLINA

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a mi mama Andrea Franco por ser quienes me dieron la fuerza y el apoyo necesario para cumplir cada una de mis metas que me he propuesto en la vida como es terminar mi carrera universitaria, también por llevarme y guiarme hacia el camino profesional.

A mi Abuela Vicenta Chancay, mi hermana Cristina castro y mi Esposo Kelvin Napa, por estar pendiente del cuidado de mi hija Valentina Napa y por todo el tiempo prestado para la culminación de mi proyecto de titulación.

A mi padre Kleber Castro Tóala que a pesar estar lejos de nosotras siempre estuvo pendiente dándome consejos moralmente y dándome su bendición.

A la niña María Elena Cereceda de Córdovez por ayudarme económicamente para poder seguir estudiando mi universidad y por eso le agradezco mucho y se que nunca le fraudare y seguiré siendo una chica ejemplar para que así mi hija aprenda mucho de mi

Finalmente, a la Ing. Ruilova Luzmila, por estar pendiente en cada paso que daba en el proceso de mi tesis, me dio muchos consejos e hizo que aprenda como un ingeniero llega al puesto que esta, siempre y cuando ponga en pie los valores que le enseñaron sus padres en casa.

CASTRO FRANCO, CINTHIA CAROLINA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**RUILOVA AGUIRRE, MARIA LUZMILA**

TUTOR

f. \_\_\_\_\_

**HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO**

DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**

COORDINADOR DE TITULACIÓN



## Índice General

Índice de Figuras .....	XII
Índice de Tablas.....	XIII
Resumen .....	XIV
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes. ....	2
1.3. Justificación del Problema.....	3
1.4. Definición del Problema.....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos. ....	4
1.6. Hipótesis. ....	5
1.7. Metodología de Investigación.....	5
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Historia de la Radio. ....	6
2.1.1. Transmisión de la Radio .....	7
2.1.2. Tipos de señales.....	7
2.1.3. Ruido.....	10
2.1.3.1. Terminología del ruido .....	10
2.1.3.2. Otras deficiencias .....	11
2.1.3.3. Propagación de trayectos multiplex.....	11
2.2. Radiodifusión .....	12
2.2.1. Radiodifusión Analógica .....	12
2.2.2. Bandas de frecuencia .....	14
2.3. Banda AM .....	15
2.3.1. Ventajas y desventajas AM.....	16

2.3.2.	Aplicaciones AM .....	17
2.4.	Diferencia de AM vs FM .....	18
2.5.	Radiodifusión AM .....	19
2.5.1	Ondas de Radiodifusión.....	20
2.5.1.1.	Onda Larga.....	21
2.5.1.2.	Onda Media .....	21
2.5.1.3	Onda Corta .....	22
2.6.	Funcionamiento de la radio AM .....	23
2.6.1	Sistema de emisión .....	23
2.6.2	Sistema de transmisión.....	24
2.6.3	Sistema de receptor.....	24
2.7.	Radiodifusión Digital.....	27
2.7.1	Sistema de comunicación digital.....	29
2.8	Radiodifusión terrestre digital .....	31
2.8.1	Estándares Radiodifusión de audio digital (DAB).....	31
2.8.1.1	Características DAB .....	33
2.8.2	Estándares de radiodifusión DRM .....	35
2.8.2.1	Características del DRM.....	36
2.8.3	Estándares de radiodifusión IBOC.....	37
2.9	Proceso de distribución de señales .....	37
2.10	Radio analógica.....	38
2.11	Radio digital .....	38
2.12	Análoga vs digital .....	39
<b>CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>		<b>40</b>
3.1.	Recursos técnicos. ....	40
3.1.1	Hardware.....	40
3.1.2	Software. ....	41
3.2.	Población. ....	41
3.2.1.	Muestreo .....	42

3.2.1.1.	Radio enlace de “radio morena” 640 AM .....	42
3.2.2.	Radio enlace del transmisor al receptor.....	45
3.3.	Conversión de una estación de Radiodifusión análoga a digital basado en el estándar DRM. ....	47
3.4.1	Normas.....	48
3.4.2	Radio digital, basados en el sistema DRM.....	49
3.4.3	DRM30. ....	49
3.5	Beneficios del DRM.....	50
3.5.1	Modos de transmisión.....	50
3.5.1.1	Parámetros relacionados con el ancho de banda de la señal. ....	50
3.5.1.2	Parámetros relacionados con la eficiencia de la transmisión. ....	51
3.6	Requisitos para un sistema de radiodifusión digital. ....	52
3.7	Distribución del programa.....	53
3.7.1	Distribución multiplex.....	53
3.7.2	Sincronización de la red.....	56
3.8	Conversión del transmisor AM.....	57
3.9	Desarrollo del Receptor.....	59
3.10	Costos.....	60
	<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>62</b>
4.1.	Conclusiones.....	62
4.2.	Recomendaciones.....	63
4.3.	GLOSARIO .....	64
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Señal Analógica. ....	8
Figura 2. 2: Señal Digital. ....	9
Figura 2. 3: Espectro Radioeléctrico. ....	13
Figura 2. 4: Bandas de frecuencia. ....	15
Figura 2. 5: Señal de AM. ....	16
Figura 2. 6: Radiodifusión de onda corta. ....	22
Figura 2. 7: Radiodifusión de onda corta. ....	22
Figura 2.8: Sistema de transmisión. ....	23
Figura 2.9: Sistema de transmisión. ....	24
Figura 2. 10: Sistema de recepción. ....	25
Figura 2. 11: Estación de radiodifusión sonora. ....	25
Figura 2. 12: Radioenlace. ....	26
Figura 2. 13: Funcionamiento de una radio. ....	26
Figura 2. 14: Radio portátil que puede recibir transmisiones de radio digital. ....	29
Figura 2. 15: sistema de comunicación digital. ....	30
Figura 2. 16: DAB. ....	32
Figura 2. 17: DRM operando en todas las frecuencias. ....	35

### Capítulo 3

Figura 3. 1: ubicación del estudio Radio Morena AM hacia al transmisor en la ciudad de Guayaquil. ....	43
Figura 3. 2: simulación radioenlace en Radio Mobile. ....	44
Figura 3. 3: Radioenlace del transmisor al receptor. ....	45
Figura 3. 4: simulación radioenlace en Radio Mobile. ....	46
Figura 3. 5: Aplicación de normas DRM a bandas de frecuencias. ....	50
Figura 3. 6: Requisitos de servicio para la radiodifusión digital y su importancia. ....	52
Figura 3. 7: Distribución de red de transmisión DRM. ....	54
Figura 3. 8: Radioenlace del transmisor al receptor. ....	57

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2. 1 Ventajas y desventajas AM.....	17
Tabla 2. 2 Diferencia de AM vs FM.....	18
Tabla 2. 3 Beneficios del DBA .....	33
Tabla 2. 4 Análoga vs Digital.....	39

### Capítulo 3

Tabla 3. 1 recursos de Hardware .....	40
Tabla 3. 2 Números de emisoras AM. ....	41
Tabla 3. 3: Coordenadas geográficas de la ubicación de estudio y transmisor .....	43
Tabla 3. 4: parámetros del sistema de radioenlace.....	44
Tabla 3. 5: Datos Geográficos del enlace. ....	44
Tabla 3. 6: coordenadas del enlace del transmisor al receptor. ....	46
Tabla 3. 7: parámetros del sistema de radioenlace.....	46
Tabla 3. 8: Datos Geográficos del enlace .....	46
Tabla 3. 9: Desarrollo del receptor .....	59
Tabla 3. 10: equipos de transmisión DRM .....	60
Tabla 3. 11: equipos de receptor DRM.....	60

## Resumen

En el presente proyecto de titulación se dará a conocer sobre el diseño de una estación de radiodifusión AM digital en la ciudad de Guayaquil ya que se utilizarán estándares de radiodifusión digital como es el DRM (Digital Radio Mondiale), ha sido diseñado como el sucesor de las transmisiones de modulación de amplitud (AM) que han existido desde los primeros días de la radio. En el primer capítulo se hará una pequeña introducción de la evolución a la radio digital, cual es el problema que poseen y la evolución a pasar de los años. Se encontrará una justificación de cómo será el cambio de radio analógico a la digital. En el capítulo 2 se hablará un poco de marco teórico, de cómo comenzó la radio, la diferencia de AM y FM, el funcionamiento de una radiodifusión analógica a digital basada en el estándar DRM, sus características y beneficios.

En el capítulo 3 se hablará de como implementaremos una radio digital, escogimos una radio muy conocida como es RADIO MORENA 640 AM, se estudiará cómo sería el cambio a una radio digital, ya que sucederá el apagón analógico el 30 de junio del 2017 y todas las radios AM deberán emigrar a radio digital. DRM ha sido diseñada para coexistir con, y eventualmente reemplazar, las actuales transmisiones AM en todo el mundo. Tendrá unos abundantes suministros de receptores de bajo costo y adaptarse bajo las normas de la UIT.

**Palabras claves:** (RADIOCOMUNICACIÓN, TRANSMISIÓN, RADIO ANALÓGICA, RADIO AM, RADIO DIGITAL, DRM.)

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Introducción.**

El estudio a realizar es Diseñar una estación de radiodifusión AM digital en la ciudad de Guayaquil. El radio digital es la entrega de portadoras analógicas moduladas, de forma digital, entre distintos puntos de un sistema de comunicación. Los procedimientos de transmisión digital necesitan de un elemento físico, entre el transmisor y el receptor, como un par de cables metálicos o un cable de fibra óptica.

El espectro electromagnético esta entre los 535-1605 kHz y las ondas portadoras están apartadas por 10 kHz. Los elementos que diferencian un sistema de radio digital de un sistema de radio AM es que, en un sistema de radio digital las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de ondas analógicas.

En la radiodifusión de amplitud modulada es la transmisión de la señal portadora que permita la emisión de información y cuya recepción está destinada al público en general. La radio AM utiliza para su difusión las siguientes bandas: onda larga, onda corta, onda media.

### **1.2. Antecedentes.**

La radiodifusión am en la transmisión de servicio diurna y nocturna requiere de muchas diferencias. Cuando se transmite en modo nocturno las

ondas pueden llegar a máximas distancias y pueden ocasionar fallas o interferencias a otros sistemas produciendo un desperfecto en las señales de radiodifusión de amplitud modulada. Las emisoras de AM en el país sufren una disminución de público oyente y disminución de sus ingresos publicitarios.

### **1.3. Justificación del Problema.**

El espectro radioeléctrico tiene un uso más eficiente en la radio digital en donde se mejora la utilización de frecuencias, con equipo capaces de dar una mayor potencia y un aumento mejorado en la cobertura. Al momento de su transmisión sufren muchas alteraciones la señal analógica AM, gracias a la radio digital se reducen estos conflictos al momento de transmitir una señal.

En el Ecuador y otras partes del mundo ya comenzaron los apagones analógicos en donde hay que estar pendiente de las nuevas tecnologías y debemos estar listos para efectuar nuevos servicios tecnológicos que aparecen cada día.

Con la radio digital tenemos un gran beneficio como es la buena calidad de sonidos y cero interferencias a nivel orográfico, climatológico y dar servicios como dar información de fotos, datos entre otros



La finalidad de inclinarse en la radiodifusión AM es porque no se necesitan de muchas exigencias como la radio fm analógica, por lo tanto, es menos costosa y puede tener una mayor cobertura por los oyentes

#### **1.4. Definición del Problema.**

Unos de los principales problemas es la calidad de sonido, cuando la señal que se recepta es mucho más fuerte, la radio digital debe emitir sonidos más claros que la analógica ya que se mide con la calidad de sonido de un CD de audio.

#### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

##### **1.5.1. Objetivo General.**

Realizar el diseño de una estación radiodifusión AM digital para la ciudad de Guayaquil.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Rectificar como trabaja la modulación de amplitud AM Y sus distintas características.
- Investigar sobre la radiodifusión digital AM.
- Diseñar una estación para la ciudad de Guayaquil.

## **1.6. Hipótesis.**

¿Efectivamente es posible la transmisión digital AM en la ciudad de Guayaquil?

¿Por qué la radio digital tuvo menos acogida cuando la televisión digital salió a la luz?

¿Será que las estaciones de radio am han pasado hacer parte del olvido?

¿La estación modulación de amplitud AM se ajustará al cambio tecnológico para que así pueda aumentar la competitividad del sector?

## **1.7. Metodología de Investigación.**

En lo referente al presente trabajo, se aplicó una investigación de método deductivo ya que estudiaremos las distintas características y estándares para el diseño de una radiodifusión AM digital en la ciudad de Guayaquil.

Es descriptiva porque se detallarán de qué manera se desarrolló esta tesis y como justificar los motivos por los cuales se propone realizar la siguiente investigación y los diferentes equipos para el diseño de radio am digital.

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Historia de la Radio.**

No hay fecha específica en la que Radio fue inventada sin embargo se estableció por primera vez 20 años después de la invención del teléfono se convirtió en un éxito. Los teléfonos se manejaban como un dispositivo de comunicación que también se utilizaba para transmitir música. Un hombre llamado Guglielmo Marconi uso el mismo método para enviar señales de radio.

Guglielmo Marconi hizo un análisis de ondas radioeléctricas de Heinrich Hertz, en donde dio a G. Marconi inspiración y motivación para llevar a cabo muchos experimentos. Tenía una gran cantidad de conocimiento de las ondas de radio, comprendió que las mismas se pueden utilizar para enviar y recibir mensajes telegráficos (telégrafo inalámbrico), sabía que su invención tenía potencial.

Radio Instruction Course, (1939) Durante la Primera Guerra Mundial, las transmisiones de radio eran a menudo menos confiables que el uso de teléfonos con cable o telégrafos. Sin embargo, la radio realmente encontró un punto de apoyo en el mar, incluso antes de la participación directa de Estados Unidos en la Primera Guerra Mundial.

En cambio, en la segunda guerra mundial permitió que las noticias se difundieran a la gente que tenía más dificultades para leer porque todo lo que tenían que hacer era escuchar. La radio hizo difundir las noticias de manera extremadamente rápida y fácil.

### **2.1.1. Transmisión de la Radio**

En las transmisiones de difusión estándar, el habla y la música se usan para modular el portador, en lugar de un interruptor o llave. Este método consiste en superponer el sonido sobre el portador variando la amplitud del portador, es decir, que desde ahí proviene el término modulación de amplitud (AM).

Wright Steven (2012), nos dice que las señales eléctricas de modulación que representan el audio se amplifican y se aplican a un modulador. Cuando las señales de audio son positivas, aumentan la amplitud del portador; Cuando van negativos, disminuyen la amplitud del portador. La amplitud de la portadora ahora ha superpuesto sobre ella la variación de la señal de audio, con picos y valles dependientes del volumen de la entrada de audio. El portador ha sido modulado y, después de amplificación adicional, es enviado a la antena transmisora.

### **2.1.2. Tipos de señales**

Según Charmaineas (2016), se han hecho varias mejoras con el tiempo para asegurar que los receptores existentes en el mercado puedan seguir recibiendo el servicio. Ejemplos de mejoras realizadas son; Audio FM estéreo, que es modulado DSB en el espectro de audio de alrededor de 38 kHz. AM estéreo, Se han propuesto varios sistemas, pero la aceptación del mercado fue baja. Señales de datos RDS / HSDS en subportadoras de FM. A continuación, los diferentes tipos de señales en forma gráfica:

- Señal Analógica- Debido a que una señal varía con el tiempo, es útil trazarla en un gráfico donde el tiempo se representa en la horizontal, el eje x y el voltaje en el eje vertical y. graficar una señal es generalmente la manera más fácil de identificar si es análogo o digital; el tiempo de tensión de una señal analógica debe ser suave y continua.

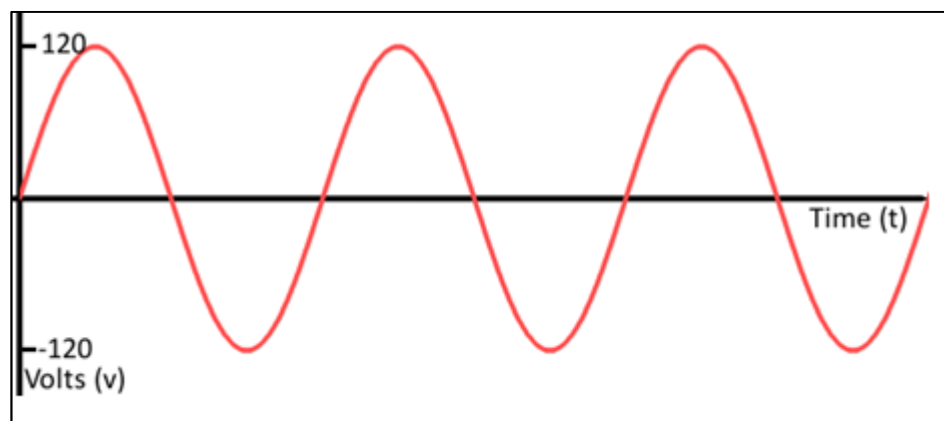


Figura 2. 1: Señal Analógica.  
Fuente: JimbO,(2009)

Según JimbO ( 2009), en la figura 2.1 plantea que aunque estas señales pueden estar limitadas a un rango de valores máximo y mínimo, todavía hay un número infinito de valores posibles dentro de ese rango. Por ejemplo, el voltaje analógico que sale de su toma de pared podría ser fijado entre -120V y + 120V, pero, a medida que aumenta la resolución más y más, descubre un número infinito de valores que la señal puede ser realmente (como 64.4V, 64.42V, 64.424V, y valores infinitos, cada vez más precisos).

- Señal digital. - Las señales digitales deben tener un conjunto finito de valores posibles. El número de valores en el conjunto puede estar en cualquier lugar entre dos y un gran número. La mayoría de las señales digitales será uno de los dos valores - como 0V o 5V. Los gráficos de tiempo de estas señales parecen ondas cuadradas. O una señal digital podría ser una representación discreta de una forma de onda analógica.

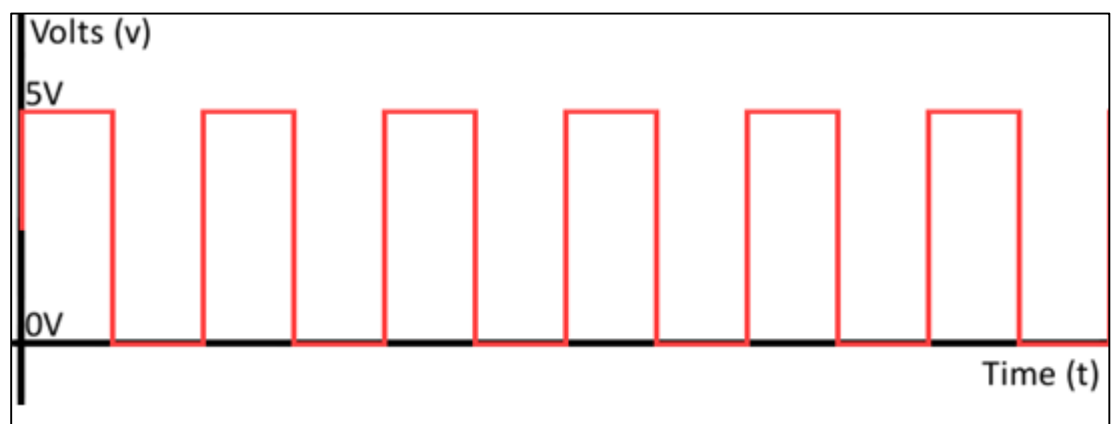


Figura 2. 2: Señal Digital.  
Fuente: (Jimbo,2009)

Según JimbO (2009), establece que la función de onda de la figura 2.2 puede parecer suave y analógica, pero cuando se mira de cerca hay pequeños pasos discretos a medida que la señal trata de aproximar valores. Entonces esa es la gran diferencia entre las ondas analógicas y digitales. Las ondas analógicas son lisas y continuas, las ondas digitales son escalonadas, cuadradas y discretas.

### **2.1.3. Ruido**

Según Isha Negi (2014), explica que el ruido térmico es debido a la agitación de electrones presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión. No se puede eliminar la función de la temperatura normalmente para la comunicación por satélite. La cantidad de ruido térmico que se puede encontrar en un ancho de banda de 1 Hz en cualquier dispositivo o conductor es:  $N_0 = KT(W/HZ)$

Donde:

$N_0$  = densidad de potencia de ruido en vatios por 1 Hz de ancho de banda.

k = Constante de Boltzmann =  $1.3803 \times 10^{-23}$  J / o K

T = temperatura, en kelvins (temperatura absoluta)

#### **2.1.3.1. Terminología del ruido**

- Ruido de impulso:
  - Pulsos irregulares o picos de ruido.
  - Corta duración y de amplitud relativamente alta.

- Causado por perturbaciones electromagnéticas externas o fallas y fallas en el sistema de comunicaciones.

#### **2.1.3.2. Otras deficiencias**

- Absorción atmosférica.
  - El vapor de agua y el oxígeno contribuyen a la atenuación.
- Multiplex
  - Los obstáculos reflejan señales de modo que se reciben múltiples copias con retrasos variables.
- Refracción.
  - Curvatura de ondas de radio a medida que se propagan a través de la atmósfera.

#### **2.1.3.3. Propagación de trayectos multiplex**

- Reflexión

Ocurre cuando la señal encuentra una superficie que es grande con relación a la longitud de onda de la señal.

- Difracción

Ocurre en el borde de un cuerpo impenetrable que es grande en comparación con la longitud de onda de la onda de radio.

- Dispersión.



Ocurre cuando un entrante recibe un objeto cuyo tamaño está en el orden de la longitud de onda de la señal o menos

## **2.2. Radiodifusión**

Según DZ RADIO (2016), la radiodifusión es una transmisión inalámbrica unidireccional por ondas de radio destinada a llegar a un público más amplio. Las emisoras pueden conectarse en las redes de radio para emitir un formato de radio común, ya sea en sindicación de difusión o de difusión simultánea o ambas. La difusión de audio también puede hacerse a través de la radio por cable, las redes locales de televisión por cable, la radio por satélite y la radio por Internet a través de medios de transmisión en línea en Internet. Los tipos de señal pueden ser audio analógico o audio digital.

La radio difusión en medios de emisión se divide en distintos medios:

- Difusión analógica.
- Difusión vía satélite
- Radio por internet
- Difusión digital terrestre

### **2.2.1. Radiodifusión Analógica**

Una señal de radiodifusión analógica representa directamente el sonido y la imagen transmitidos a través de variaciones deliberadas en la tensión de la señal y en las frecuencias de radio. El espectro radioeléctrico se refiere a

la parte del espectro electromagnético correspondiente a las frecuencias de radio. Espectro de radio es el rango de frecuencias de 3kHz a 300GHz.

Según Engr. Yomi Bolarinwa (2016), explica en la figura 2.3 que el espectro radio frecuencia es un recurso limitado por tecnología y capacidad de gestión. Se puede encontrar una gran capacidad dentro del espectro si está debidamente organizada, desarrollada y regulada. Para obtener los beneficios de este recurso natural, cada país debe desarrollar métodos para gestionar el espectro para asegurar una coordinación eficiente y efectiva entre los diferentes servicios y para satisfacer la demanda inmediata ya largo plazo por los servicios de radiocomunicaciones existentes y nuevas.

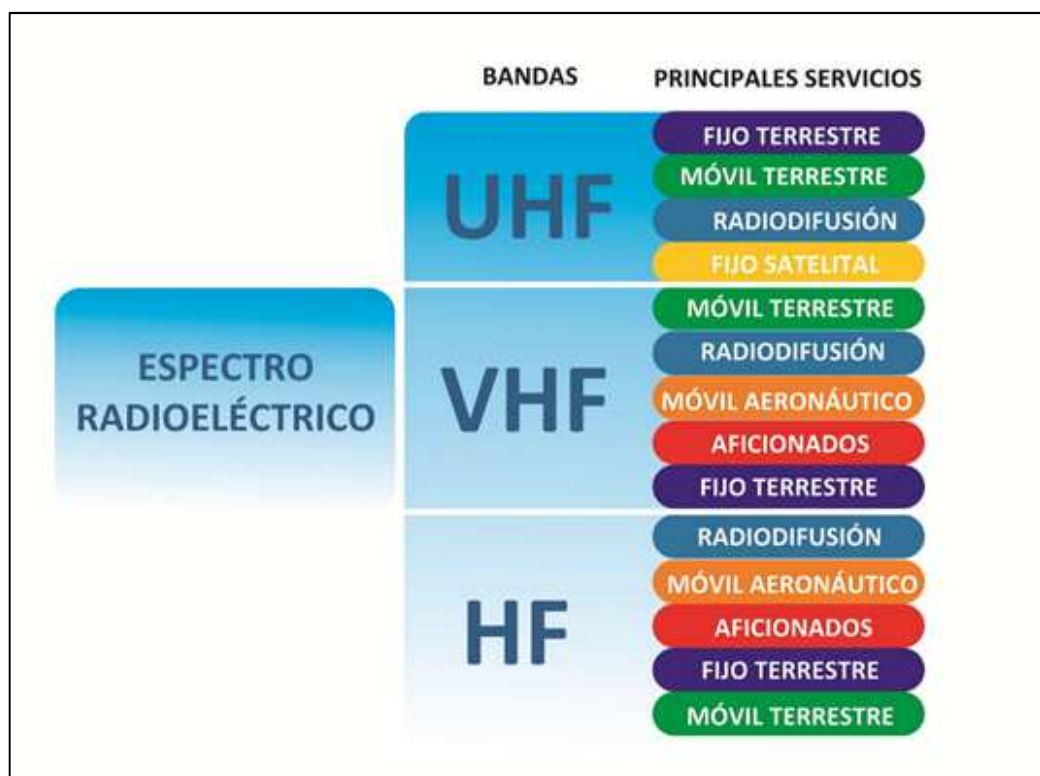


Figura 2. 3: Espectro Radioeléctrico.  
Fuente: (Joaquín Bedoya,2012)

### **2.2.2. Bandas de frecuencia**

En el transmisor de radio, las señales de datos (tonos de discretos) se modulan en la frecuencia portadora y se transmiten al espacio cuando el transmisor es codificado. Un receptor sintonizado a la frecuencia portadora capta la señal y desmodula las señales portadoras de datos del portador. Las señales de datos pueden ser convertidas a datos digitales por los dispositivos apropiados.

La señal de radio puede ser interrumpida por obstáculos (árboles, montañas) u otra estación cercana. Cuanto mayor sea la frecuencia utilizada, la gama será mejor y viceversa. Es por eso que, en la mayoría de aplicaciones de radios, repetidores se utilizan para amplificar la señal. A continuación, detallamos en la figura 2.4 las bandas de frecuencia para radioaficionados.

BANDAS Y FRECUENCIAS PARA RADIOAFICIONADOS			
Banda	Longitud de Onda	Frecuencias (MHz., kHz., Espectro, Rango)	
		Desde	Hasta
<b>MF:</b> Media F.	160 metros	1.800 kHz.	2.000 kHz.
<b>HF:</b> Alta Frecuencia	80 metros	3.500 kHz.	3.800 kHz.
	40 metros	7.000 kHz.	7.300 kHz.
	30 metros	10.100 kHz.	10.150 kHz. CE*
	20 metros	14.000 kHz.	14.350 kHz.
	17 metros	18.068 kHz.	18.168 kHz.
	15 metros	21.000 kHz.	21.450 kHz.
	12 metros	24.890 kHz.	24.990 kHz.
	10 metros	28.000 kHz.	29.700 kHz.
<b>VHF:</b> Muy Alta Frecuencia	6 metros	50 MHz.	54 MHz.
	2 metros	144 MHz.	148 MHz.
	1.25 metros	219 MHz.	225 MHz. CE*
<b>UHF:</b> Ultra alta Frecuencia	70 centímetros	420 MHz.	450 MHz.
	33 centímetros	902 MHz.	928 MHz.
	13 centímetros	2.300 MHz.	2.450 MHz.
<b>SHF</b> Super A.F.	9 centímetros	3.300 MHz.	3.500 MHz. ORCHI CE40RD

Figura 2. 4: Bandas de frecuencia.

Fuente: (HAM Radio, 2012)

### 2.3. Banda AM

Las estaciones AM eran las primeras estaciones de radiodifusión a ser desarrolladas. AM se refiere a la modulación de amplitud, un modo de radiodifusión de ondas de radio variando la amplitud de la señal portadora en respuesta a la amplitud de la señal a transmitir.

Según, ADRIO COMUNICACION (2016), nos muestra en la figura 2.5 cuando se crea una señal de amplitud modulada, la amplitud de la señal varía en línea con las variaciones de intensidad de la onda sonora. De este modo, la amplitud o envolvente global del portador se modula para llevar la

señal de audio. Aquí se puede ver que la envolvente del soporte cambia en línea con la señal de modulación.

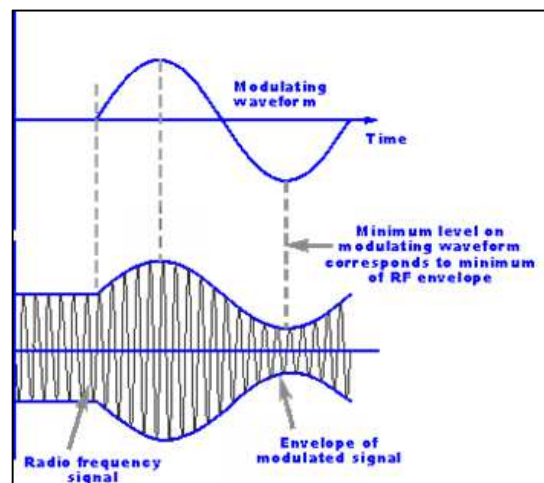


Figura 2. 5: Señal de AM.

Fuente:(ADRIO COMUNICACION, 2016)

En la figura 2.5 se rectifica la señal, sólo permitiendo que la mitad de la forma de onda de radiofrecuencia alterna a través de un condensador se utiliza para eliminar las partes de radiofrecuencia de la señal, dejando la forma de onda de audio.

### 2.3.1. Ventajas y desventajas AM

Como cualquier otro sistema de modulación, la modulación de amplitud tiene varias ventajas y desventajas. Esto significa que se utiliza en circunstancias particulares donde sus ventajas pueden ser utilizadas con buenos resultados.

**Tabla 2. 1 Ventajas y desventajas AM**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Es simple de implementar</li><li>• Se puede desmodular utilizando un circuito compuesto por muy pocos componentes</li><li>• Los receptores AM son muy baratos ya que no se necesitan componentes especializados.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• No es eficiente en términos de su consumo de energía.</li><li>• No es eficiente en términos de su uso de ancho de banda, que requiere un ancho de banda igual al doble de la frecuencia de audio más alta.</li><li>• Es propensa a altos niveles de ruido debido a que la mayoría del ruido está basado en la amplitud y, obviamente, los detectores AM son sensibles a ella.</li></ul>

Fuente: Autor

### **2.3.2. Aplicaciones AM**

La amplitud modulada se utiliza en una variedad de aplicaciones. A pesar de que no es tan ampliamente utilizado como lo fue en años anteriores en su formato básico, todavía se puede encontrar.

**A) Emisiones de radiodifusión:** AM sigue siendo ampliamente utilizado para radiodifusión en las bandas de onda larga, media y corta. Esto significa que los receptores de radio son capaces de desmodular la modulación en amplitud a la vez son más baratos y fáciles de fabricar. Sin embargo, muchas personas se están basando a formas de alta calidad de transmisión como la modulación de frecuencia, FM o transmisiones digitales.

**B) Radio de la banda de aire:** Las transmisiones de VHF para muchas aplicaciones aerotransportadas todavía utilizan AM. Se utiliza para

las comunicaciones de radio de tierra a aire, así como enlaces de radio de dos vías para el personal de tierra también.

**C) Única banda lateral:** La modulación de amplitud en forma de banda lateral única se utiliza todavía para enlaces de radio HF. Utilizando un ancho de banda inferior y proporcionando un uso más eficaz de la potencia transmitida, esta forma de modulación se sigue utilizando para muchos enlaces HF punto a punto.

**D) Modulación de amplitud en cuadratura:** AM es ampliamente utilizado para la transmisión de datos en todo, desde enlaces inalámbricos de corto alcance como Wi-Fi a las telecomunicaciones celulares y mucho más. Efectivamente, se forma por tener dos portadores desfasados de  $90^\circ$ .

#### 2.4. Diferencia de AM vs FM

AM Y FM	
➤	La transmisión de potencia de las ondas FM es mejor que la de las señales AM
➤	En el ruido de la onda FM se puede controlar aumentando la desviación hasta cierto punto. Esto es imposible en el caso de ondas AM
➤	AM es modulación de amplitud mientras que FM es modulación de frecuencia
➤	AM modifica la amplitud de la frecuencia portadora mientras que FM modifica su frecuencia.

Tabla 2. 2 Diferencia de AM vs FM

Fuente: Autor

## **2.5. Radiodifusión AM**

Una de las grandes ventajas de la radiodifusión AM es que esa sencilla señal de AM se puede detectar fácilmente con la ayuda de un dispositivo o equipo simple. Sin embargo, si la señal es fuerte, no se requiere una fuente de alimentación. La radiodifusión AM utiliza un ancho de banda más estrecho cuando se compara con FM.

La radio AM se emite en varias bandas de frecuencia, onda larga - 148,5 kHz-283,5 kHz, onda media - 520 kHz-1,610 kHz y onda corta - 1,711 MHz-30,0 MHz. Los detalles dados anteriormente sobre la emisión de radio AM le permitirán obtener una información precisa en la radiodifusión AM.

Durante la noche, los cambios en la ionosfera provocan o hacen que las señales AM se muevan por onda de cielo, lo que permite que las estaciones de radio AM se oigan mucho más lejos de su punto de origen de lo normal durante el día. Esto hace que muchas estaciones de radiodifusión reduzcan su potencia de transmisión hasta cierto punto durante la noche o incluso suspendan la radiodifusión enteramente durante las horas nocturnas.

Durante el día, las señales AM generalmente viajan o se mueven por onda terrestre, que difractan alrededor de la curva de la tierra que cubre una distancia de hasta unos pocos cientos de millas del transmisor de señal. Se ha revelado que en la emisión de radio AM, la onda media, así como las



señales de radio de onda corta funcionan de manera diferente durante el día, así como la noche.

### **2.5.1 Ondas de Radiodifusión**

Según DZ RADIO (2016), las ondas de radio son un tipo de radiación electromagnética con longitudes de onda en el espectro electromagnético más largo que la luz infrarroja. Las ondas de radio tienen frecuencias tan altas de 300 GHz hasta 3 kHz, aunque algunas definiciones describen ondas por encima de 1 o 3 GHz como microondas, o incluyen ondas de cualquier frecuencia más baja. A 300 GHz, la longitud de onda correspondiente es 1 mm (0,039 pulgadas), ya 3 kHz es 100 km (62 mi).

Como todas las otras ondas electromagnéticas, viajan a la velocidad de la luz. Las ondas de radio naturales se producen por rayos, o por objetos astronómicos. Las ondas de radio generadas artificialmente se utilizan para radiocomunicaciones fijas y móviles, radiodifusión, radares y otros sistemas de navegación, satélites de comunicaciones, redes informáticas y otras innumerables aplicaciones.

Las ondas de radio son generadas por transmisores de radio y recibidas por receptores de radio. Diferentes frecuencias de las ondas de radio tienen diferentes características de propagación en la atmósfera de la Tierra.

### **2.5.1.1. Onda Larga**

Ondas largas pueden difractarse alrededor de obstáculos como las montañas y seguir el contorno de la tierra (ondas de tierra).

### **2.5.1.2. Onda Media**

Las antenas de difusión de onda media están perfectamente diseñadas y adaptadas a las condiciones específicas del sitio, y son los sistemas de alto rendimiento más rentables disponibles en el mercado hoy en día.

El estándar de radiodifusión sonora la onda media ofrece a los organismos de radiodifusión un enfoque altamente rentable para los servicios de programas locales, regionales y nacionales en calidad de FM cercana. En la figura 2.6 tenemos una radiodifusión de onda media.



Figura 2. 6: Radiodifusión de onda corta  
Fuente: (East West Infnitiv.LTD, 2014)

### 2.5.1.3 Onda Corta

La radiodifusión de ondas cortas es una forma altamente rentable de fabricar servicios nacionales de gran superficie, respectivamente, con una potencia de transmisión de hasta 500 kilovatios. La gama de cobertura de un sistema de este tipo, operado desde un sitio de transmisión basado en casa, puede llegar a varios miles de kilómetros y se despliega para la radiodifusión a gran escala.

A diferencia de la radiodifusión por satélite, la recepción móvil es fácilmente posible. Los receptores están ampliamente extendidos en todas las regiones del mundo y un gran número de oyentes, por lo tanto, independientes de los satélites e Internet. En la figura 2.7 tenemos una radiodifusión de onda corta.



Figura 2. 7: Radiodifusión de onda corta  
Fuente: (East West Infnitiv.LTD, 2014)

## 2.6. Funcionamiento de la radio AM

Cuando la estación de transmisión irradia las ondas de radio, éstas son propagadas a través del espacio y recibidas por el receptor de radio. El fenómeno se conoce como comunicación por radio. Se divide en tres partes sistema de emisión, la transmisión de ondas de radio y receptor de radio.

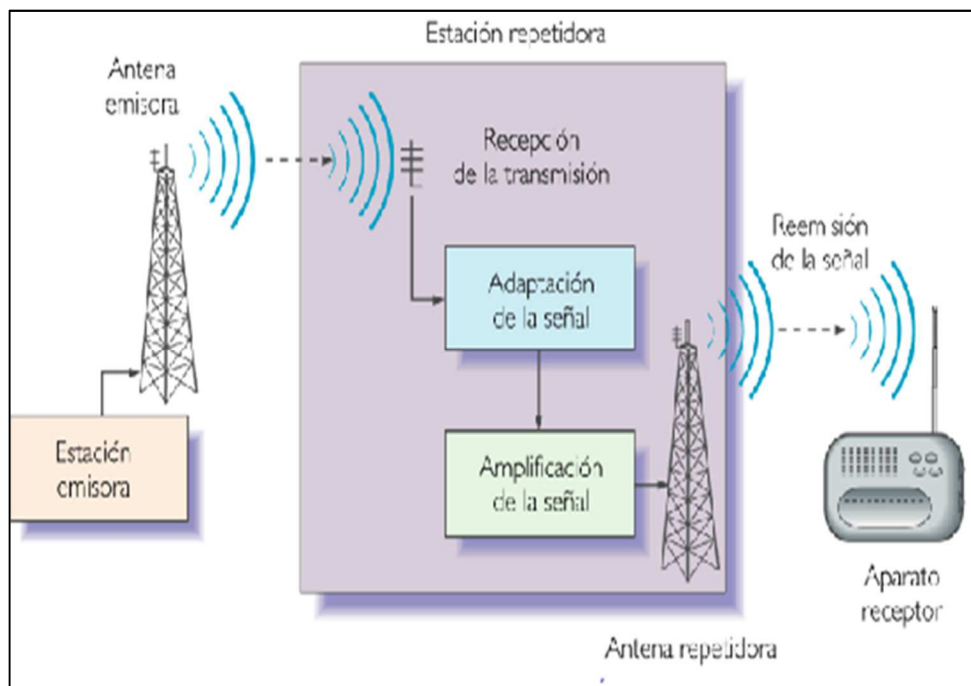


Figura 2.8: Sistema de transmisión

Fuente: Rafael Calzadilla, (2012)

### 2.6.1 Sistema de emisión

En la figura 2.8 se puede definir un sistema de emisión como una transmisión de sonidos de una distancia a otra, a través, de ondas radioeléctricas. Y como esta en diferentes direcciones hacen que llegue la audición en forma instantánea a miles de personas.

### 2.6.2 Sistema de transmisión

Según Profesor Chuah, kishore (2005), un transmisor de radio transmite alguna forma el mensaje, lo codifica en una onda senoidal y lo transmite con ondas de radio. La combinación de mensaje codificado en una onda de radio se denomina comúnmente una señal. El transmisor genera su propia onda senoidal utilizando osciladores, como explica la figura 2.9:

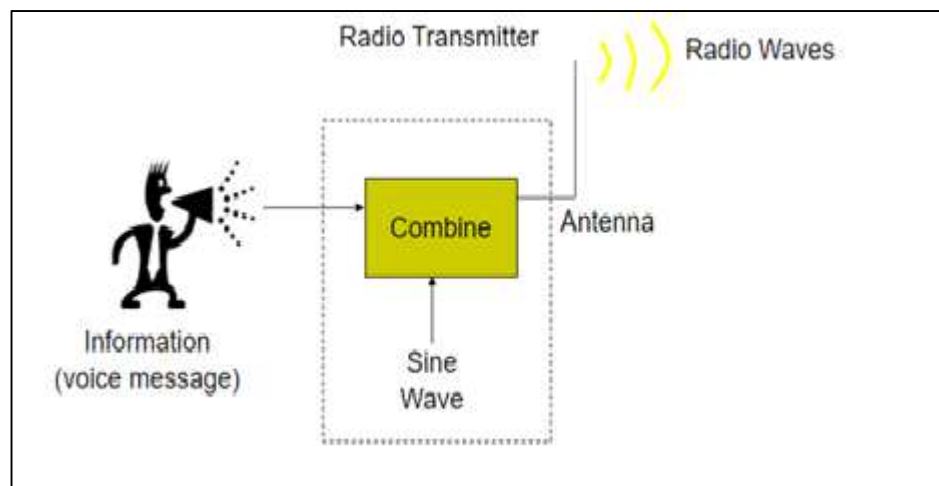


Figura 2.9: Sistema de transmisión  
Fuente: Profesor Chuah y kishore,(2005)

### 2.6.3 Sistema de receptor

En la figura 2.10 el receptor recibe ondas de radio y decodifica mensajes de las ondas sinusoidales. Utilizan antenas para radiar y capturar ondas de radio. El receptor de radio también necesita un sintonizador. La antena recibirá miles de ondas sinusoidales; Sintonizador separa la onda de radio que el oyente desea, por ejemplo, la onda de radio transmitida a 880 KHz.

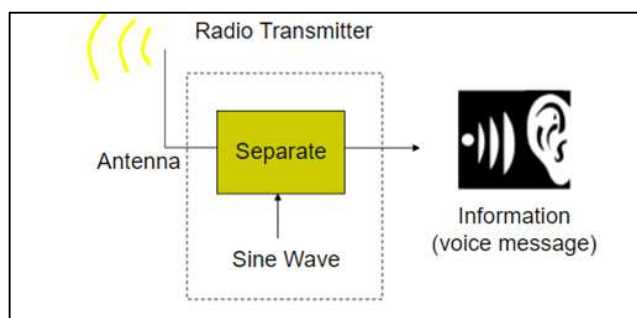


Figura 2. 10: Sistema de recepción  
Fuente: Profesor Chuah y kishore,( 2005)

En la figura 2.11 se detallada como la radio está dividida en tres tipos de categorías de estaciones de radiodifusión:

Provincias	CATEGORÍAS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA (OC, AM, FM)			Total Radiodifusión Sonora	Porcentaje de estaciones Comercial Privada
	Comercial Privada	Servicio Público	Comunitarias		
Azuay	82	7	0	89	92,1%
Bolívar	20	3	1	24	83,3%
Carchi	30	4	0	34	88,2%
Cañar	34	2	0	36	94,4%
Chimborazo	60	10	0	70	85,7%
Cotopaxi	24	1	0	25	96,0%
El Oro	65	5	0	70	92,9%
Esmeraldas	40	7	2	49	81,6%
Galápagos	12	2	0	14	85,7%
Guayas	103	5	0	108	95,4%
Imbabura	41	8	1	50	82,0%
Loja	69	5	0	74	93,2%
Los Rios	41	2	0	43	95,3%
Manabí	74	11	0	85	87,1%
Morona Santiago	26	9	1	36	72,2%
Napo	18	4	0	22	81,8%
Orellana	13	3	1	17	76,5%
Pastaza	13	4	6	23	56,5%
Pichincha	84	17	0	101	83,2%
Santa Elena	50	1	0	51	98,0%
Santo Domingo	39	7	1	47	83,0%
Sucumbios	24	8	1	33	72,7%
Tungurahua	52	4	0	56	92,9%
Zamora Chinchipe	13	5	0	18	72,2%
<b>TOTAL:</b>	<b>1027</b>	<b>134</b>	<b>14</b>	<b>1175</b>	
<b>PORCENTAJE</b>	<b>87,4%</b>	<b>11,4%</b>	<b>1,2%</b>	<b>100,0%</b>	

Figura 2. 11: Estación de radiodifusión sonora  
Fuente: Ponce Gabi,( 2011)

En la figura 2.12 se detalla como un transmisor de radio envía la señal desde los estudios a un receptor que se encuentra en el transmisor ambos con sus respectivas antenas.

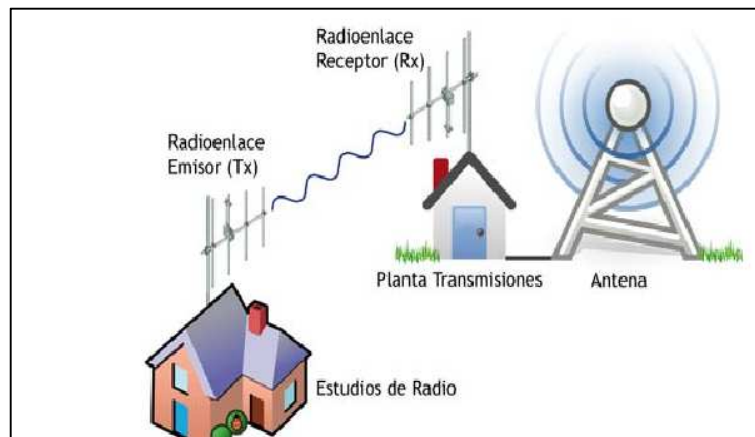


Figura 2. 12: Radioenlace  
**Fuente:** García Santiago,(s/f)

Las Emisoras de radio difunden a diferentes frecuencias. La antena de receptores de ondas de radio, como la de un radio, recoge todas las frecuencias. Pero el circuito giratorio de la radio selecciona la frecuencia recibida.

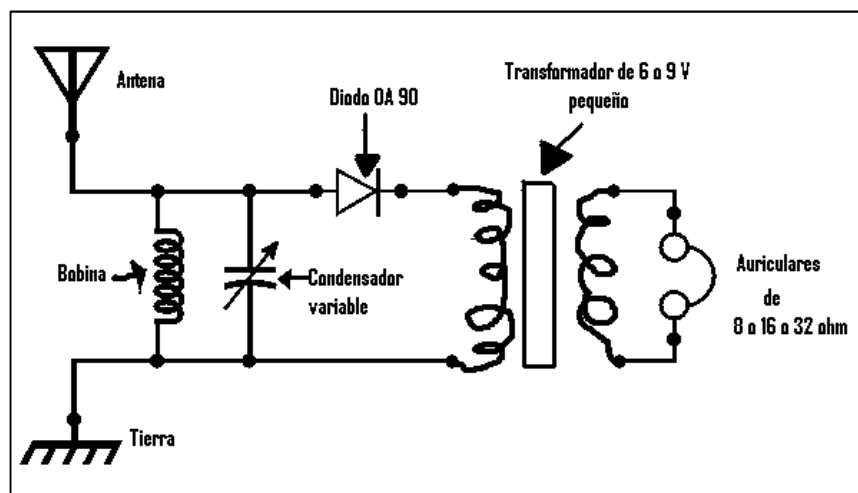


Figura 2. 13: Funcionamiento de una radio  
**Fuente:** Victor Veracruz,( 2013)

En la figura 2.13 mostramos como consiste un receptor de radio en una bobina de un hilo llamado inductor y un condensador variable. La

capacitancia del condensador cambia cuando se gira el mando del sintonizador. Una cierta combinación de inductancia y capacitancia está relacionada con la frecuencia de las señales recibidas.

Las ondas de radio de la antena transmisora de todas las estaciones de radio llegan a su radio y configuran corrientes cambiantes en la antena de radio. Cuando la radio no está sintonizada correctamente, se reciben señales de más de una estación de radio.

Un sintonizador de circuitos selecciona la frecuencia de la estación deseada. Cuando la radio está sintonizada correctamente, la frecuencia del circuito de sintonía resuena y por lo tanto da preferencia a la frecuencia de las estaciones. Mover la perilla del sintonizador cambia la frecuencia de resonancia del circuito del sintonizador y la emisora oída.

En una posición de antena determinada, una radio adecuadamente sintonizada da una mejor recepción. En esta posición, la antena es perpendicular a la dirección de desplazamiento de las ondas transmitidas. Esto se debe a que las ondas de radio son ondas transversales.

## **2.7. Radiodifusión Digital**

La radiodifusión digital hace un uso más eficiente del ancho de banda de radiofrecuencia disponible. La distribución digital a través de Internet está rompiendo todos los viejos modelos de radiodifusión y distribución



tradicional. El espectro radioeléctrico es un recurso finito, hoy la sociedad quiere más opciones, más canales de televisión, más teléfonos, etc.

La radiodifusión digital ha sido muy útil gracias a la presencia de computadoras. De hecho, con la invención del circuito integrado en los años 60 y el microprocesador en los años 70. Sin embargo, la mayoría de las emisoras están cambiando la radiodifusión analógica a la digital debido principalmente a la falta de espacio de frecuencia.

La digitalización de las redes de radiodifusión se ha convertido en un hito en el mundo de la radiodifusión. También es conocida en sus siglas como:

- DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING)
- DAR (DIGITAL AUDIO RADIO)
- DSB (DIGITAL SOUND BROADCASTING)

La empresa Arabian construction company, (2011) dice que a mayor parte del sistema de radiodifusión sólo puede transmitirse en un solo sentido. Sin embargo, los desarrolladores buscan lograr la estandarización de los conceptos de difusión de video digital y de televisión digital terrestre que pueden ofrecer una calidad aún mejor y más clara. Y pronto, también se transmitirá en los terminales móviles, lo que permite entregar y recibir información de manera eficiente cuando quieras, donde quiera que estés. Un ejemplo de radio digital se muestra en la figura 2.14:



Figura 2. 14: Radio portátil que puede recibir transmisiones de radio digital  
Fuente: (ELECTRONICS NOTES, s/f)

### 2.7.1 Sistema de comunicación digital

En la figura 2.15 se detalla el sistema de la comunicación digital:

- Fuente de información.
  - Discurso de una persona
  - Datos de dos elementos de una máquina o computadora
  - Onda analógica y continuación de símbolos discretos
- Convertidor de analógica a digital
  - Transformación de señal analógica en señal digital
  - Compresión de señal, secuencia de información
- Codificador de canal
  - Transformación de secuencia de información en secuencia codificada
  - Adición de información redundante para el reconocimiento y la corrección de errores o palabra de código.
- Modulador
  - Modulación de una portadora de alta frecuencia por palabra de código, p. QPSK.

- Canal
  - Transmisión vía canal; Influencia por el ruido
  - No linealidad del sistema
  - Interferencias en la atmósfera: lluvia, nubes, otras ondas de radio
  - Reflexiones
- Demodulador
  - Detección de la fase
  - Decodificación en tiempo real secuencia recibida
- Decodificador de canal
  - Transformación de la secuencia recibida en una secuencia binaria
- Descodificador de origen (convertidor Digital / Analógica)
  - Transformación en una forma de onda continua: Señal analógica (habla)

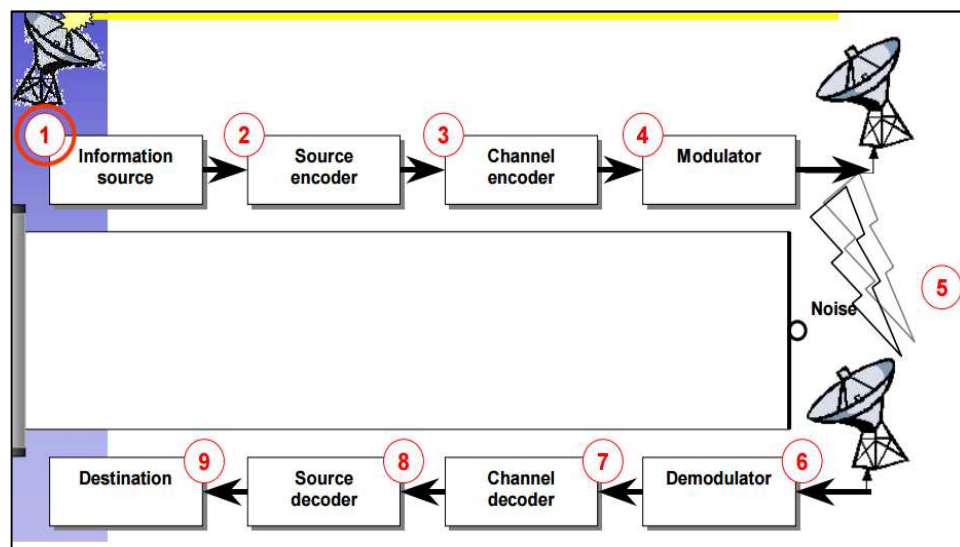


Figura 2. 15: sistema de comunicación digital  
Fuente:(Kroll Stefan & Kaiser Christoph, s/f)

## **2.8 Radiodifusión terrestre digital**

La radiodifusión terrestre digital se divide en 3 estándares súper importante:

### **2.8.1 Estándares Radiodifusión de audio digital (DAB)**

DAB (Digital Audio Broadcasting), también conocida como radiodifusión de audio digital, es un sistema completamente nuevo para emitir y recibir emisoras de radio. Dado que el nombre indica que las señales se transmiten en un formato digital para permitir la calidad del CD. Además, no sufre de los efectos de trayectos múltiples a menudo experimentados en las transmisiones de FM.

La señal de radio digital transmite datos junto al audio, y esto permite que el texto y las imágenes se transmitan junto con el audio para mejorar la experiencia de escucha. De esta manera es posible transmitir el título de una pista, y una imagen del artista mientras se transmite la música. También es posible tener noticias de desplazamiento a través de la parte inferior de la pantalla utilizada en la radio.

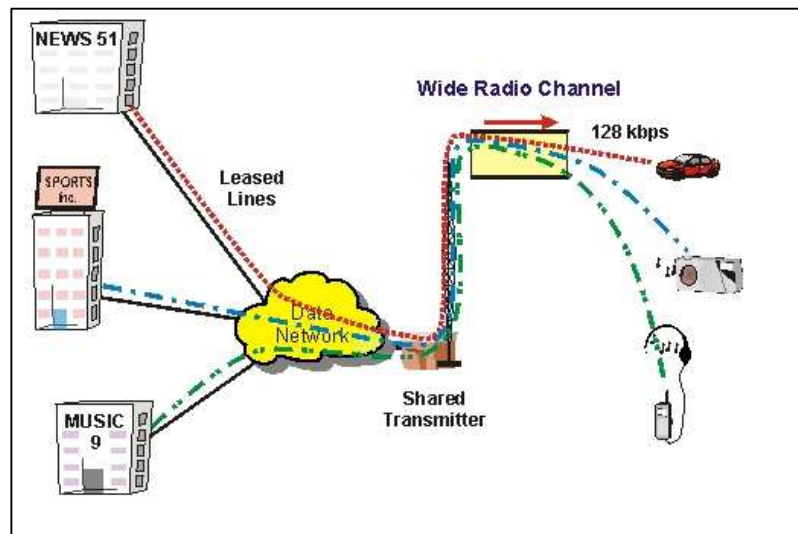


Figura 2. 16: DAB  
Fuente: IPTV, (2009)

Este diagrama de la figura 2.16 muestra que un sistema DAB utiliza un único canal de radio digital que se divide en múltiples canales digitales. Las emisoras de audio están vinculadas al sistema DAB por un canal digital y están asignadas a una parte específica, es decir, el canal lógico de la radio digital. El sistema DAB combina o multiplexa los canales entrantes para formar un canal de transmisión digital. Los receptores DAB reciben y decodifican la frecuencia única, separan el canal digital lógico específico y convierten el canal digital de nuevo en su forma de audio original.

Para producir un sistema digital que funcione satisfactoriamente bajo las condiciones requeridas para la radio digital, según (ELECTRONICS NOTES, s/f) se llevó a cabo una gran cantidad de trabajo en las etapas de desarrollo. Algunas técnicas digitales existentes fueron investigadas, pero se realizó que éstas tenían limitaciones significativas para esta aplicación.

Uno de los principales problemas era que muchos receptores utilizarían antenas no direccionales y, como resultado, captarían las señales reflejadas. Éstos se demoran lo suficiente para que los datos se degraden. Además, el ancho de banda requerido para acomodar una señal estéreo completa tendría que reducirse para asegurar un uso eficiente del espectro. En la tabla 2.3 se muestra que el DAB consta de algunos beneficios:

**Tabla 2. 3** Beneficios del DBA

<b>PARA LOS GOBIERNOS</b>	<b>PARA LOS RADIODIFUSORES</b>	<b>PARA LOS CONSUMIDORES</b>
➤ Mejor eficiencia del espectro	Obtener un espectro valioso para los radiodifusores	Mejora del tráfico y de la información de viaje
➤ Capacidad para ofrecer servicios adicionales y opciones para los ciudadanos.	Transmisión a largo plazo y ahorro de red	Fácil ajuste
➤ Proporcionar información de tráfico y viajes para proporcionar una red mejorada de carreteras de seguridad para los ciudadanos	Menores costos por estación	Mejor calidad de audio

Fuente: Autor

### **2.8.1.1 Características DAB**

Según WORLDAB (2017), una de las principales característica es que ofrece sistema de alerta de emergencia. Como, por ejemplo:

- Permite la radiodifusión terrestre gratuita en zonas de gran población y la funcionalidad especial del Canal de Información Rápida (FIC).

- Permite realizar sistemas muy robustos con un máximo de cobertura, convirtiéndolo en la mejor forma de transmitir mensajes de emergencia a los ciudadanos en Casos de grandes desastres naturales o provocados por el hombre.
- La radio de difusión ha demostrado en incidentes sucesivos permanecer en el aire mientras que otros canales de comunicación fallan tales como Internet o redes de telecomunicaciones.

Otra de las características del DAB es el servicio:

- El mejor servicio después de la experiencia del oyente se logra cuando el radiodifusor minimiza las diferencias de sincronización entre diferentes portadores, teniendo en cuenta los diferentes tiempos de codificación y decodificación de los diferentes sistemas.
- El servicio fiable que también requiere es que todos los identificadores utilizados estén correctamente asignados de tal manera que sean únicos dentro de su ámbito respectivo.

Y como ultima característica de DAB es Datos de tráfico y viaje: Una información más precisa y detallada puede ser retransmitida y actualizada más rápidamente, como, por ejemplo:

- Evento de tráfico / noticias
- Tiempo de tránsito

- Asistencia al conductor
- Aviso de peligro local
- Flujo de tráfico / predicción
- Información de estacionamiento.

### 2.8.2 Estándares de radiodifusión DRM

Digital Radio Mondiale (DRM) es un sistema digital de radiodifusión sonora que reemplaza la radiodifusión analógica AM existente en las bandas inferiores a 30 MHz (onda larga, onda media y onda corta). La tecnología proporciona una calidad de sonido cercano al FM y también proporciona contenido de datos para su visualización en un receptor DRM.

En la figura 2.17 el DRM utiliza las bandas de frecuencia existentes y la infraestructura con pequeñas modificaciones en los transmisores que se utilizan para la transmisión de onda media y corta. Es compatible con varios modos que funcionan en el ancho de banda de 5 kHz y 10 kHz que se utiliza en la radiodifusión AM actual, y los modos que requieren mayor ancho de banda.

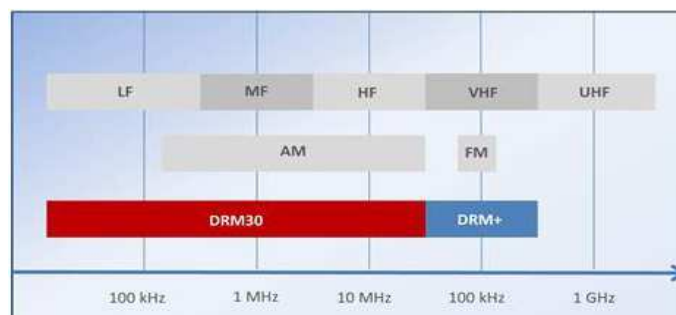


Figura 2. 17: DRM operando en todas las frecuencias

Fuente: Tbuoy Desings, (2016)



### 2.8.2.1 Características del DRM

- DRM requiere menos ancho de banda puede acomodar más número de canales o mayor velocidad de transmisión de datos para el ancho de banda existente de un canal que se utiliza para la radiodifusión AM.
- DRM puede utilizar la gama de contenido de audio y es capaz de integrar texto y datos junto con audio.
- La visualización de estos contenidos adicionales en el receptor DRM mejora la experiencia de audición.
- Los receptores DRM están equipados con características atractivas como la guía electrónica de programas (EPG), la recepción y grabación programadas y la visualización de programas.

Además, Radio Bronka 104.5 FM, (2014) dice que a diferencia de otros sistemas digitales, el DRM ha sido diseñado para permitir la modificación de transmisores analógicos adecuados para cambiar fácilmente entre emisiones digitales y analógicas. Un beneficio presupuestario adicional es la reducción de los costos de energía de transmisión.

### **2.8.3 Estándares de radiodifusión IBOC**

IBOC (canal dentro de banda) este estándar establece los requisitos para un sistema de radiodifusión de audio digital y digital auxiliar da señales de datos a través de canales de emisión AM separados a 10 kHz que pueden contener amplitud analógica.

Señales moduladas y canales de emisión de FM separados de 200 kHz que pueden contener señales analógicas, señales moduladas en frecuencia.

### **2.9 Proceso de distribución de señales**

En este proceso de señales tenemos los sistemas de desarrollo digital como es: DSR, ADR

- DSR (DIGITAL SATELLITE RADIO). - la radio por satélite ofrece música, voz, drama, noticias, debate y más, en muchos idiomas, y de las emisoras nacionales y pequeñas estaciones independientes. La radio satelital se emite en audio digital de alta calidad con sonido cristalino, independientemente de las condiciones meteorológicas, y está disponible para cualquier persona con un simple plato y receptor de satélite.
- ADR (ASTRA DIGITAL RADIO). - Los satélites Astra transmiten a las emisoras de radio digital a los oyentes de toda Europa.

Esto fue desarrollado por la sociedad europea de satélites en 1995. Compartiendo las ondas satelitales con los canales de televisión.

### **2.10 Radio analógica**

Las ondas de radio analógicas transmiten una señal continua, a diferencia de las transmisiones digitales, lo que significa que cada nota de una melodía se escucha como un sonido completo. Esto da a la radio analógica la capacidad de transmitir una versión más verdadera de la grabación original.

Las radios analógicas son respetuosas con el medio ambiente en comparación con las radios digitales, que son impulsadas por ordenador. Los radios analógicos se suministran con una antena de cable, pero esto puede ser insuficiente para captar la mejor recepción y es posible que necesite adquirir una antena adicional con mejores capacidades de recepción.

### **2.11 Radio digital**

Las radios digitales proporcionan un sonido claro y con menos interferencia que las radios analógicas tradicionales. Las señales digitales no se ven afectadas por la interferencia de otras señales de radio, haciendo que el sonido sea más nítido, y los oyentes podrán seleccionar canales con sólo tocar un botón sin tener que buscar una emisora con una señal clara.

Como las radios digitales son efectivamente manejadas por un chip de computadora con la capacidad de procesar la información, tienen el potencial de ser mucho más interactivas, con la oportunidad de proporcionar servicios adicionales tales como publicidad o informes meteorológicos en tiempo real a través de una visualización en pantalla.

Aunque las radios digitales generalmente tienen una buena recepción, su radio puede no capturar transmisiones claramente si está demasiado lejos del transmisor más cercano. Las transmisiones en su área pueden ser limitadas, disminuyendo así el número de estaciones que usted podrá escuchar. Si no recibe una buena señal, puede que necesite comprar una antena adicional para mejorar la señal.

## 2.12 Análoga vs digital

Análoga	Digital
➤ Señal inalterada	➤ No continua
➤ Se escuchada simultáneamente	➤ Señal codificada
➤ La voz humana es analógica	➤ Convertida de nuevo a audio llano

Tabla 2. 4 Análoga vs Digital

Fuente: Autor

## CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS

### 3.1. Recursos técnicos.

A continuación, se detalla una lista de todos los requisitos de hardware y software que se necesitarán para el diseño de una radio digital AM en la ciudad de Guayaquil. Se ha escogido RADIO MORENA 640 AM para hacer el estudio de la radio analógica AM y sus zonas de cobertura.

#### 3.1.1 Hardware.

Tabla 3. 1 recursos de Hardware

RECURSOS DE HARDWARE		
Recurso	Modelo	Descripción
MONITOR DE MODULACIÓN AM	 AM-3 <sup>a</sup>	Es un demodulador AM de precisión de estado sólido que supera los estándares para medir las características de modulación total de los transmisores AM de frecuencia media.
EL ANALIZADOR DE AUDIO	AM50C 	Es un analizador de audio multifunción que combina un equipo de medición de velocidad de distorsión extra baja con dos canales de entrada y un oscilador de frecuencia extra baja.

<b>VATIMETRO</b>	<b>BIRD</b>  43 	Permite medir la potencia incidente y reflejada al transmisor encendido. Esto es posible por el posicionamiento del medidor de potencia para que la potencia pasa a través de él. Mediante el uso de elementos intercambiables que puede hacer mediciones a diferentes frecuencias y potencias diferentes.
<b>GPS</b>		Se mide el enlace de punto a punto es una herramienta gratuita basada en web que le permitirá enlazar las coordenadas de los puntos de un transmisor y los sistemas radiantes para las mediciones de cobertura del estudio
<b>Laptop</b>		Para realizar las mediciones radio mobile

Fuente: Autor

### 3.1.2 Software.

- Sistema operativo Windows
- Google Earth
- Radio Mobile

Otros

- Bibliografía
- Internet

### 3.2. Población.

Se hizo un estudio cuantas emisoras AM hay en la ciudad de Guayaquil, ubicamos su frecuencia, el nombre de la radio, el transmisor y la dirección del estudio de cada radio.

Tabla 3. 2 Números de emisoras AM.

PROVINCIA	CATEGORIA	NOMBRE ESTACION	FREC	DIRECCION ESTUDIO	UBICACION ANTENA
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	TROPICANA	540	CALLE HURTADO 212 Y MACHAL	km 9.5 VIA DURAN-TAMBO
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	C.R.E.SATELITAL	560	BOYACA 642 Y PADRE SOLANO	km 7.5 VÍA A LA COSTA
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	UNO	580	VELEZ 911 EDIFICIO FORUM PIS	km 12 VÍA A LA COSTA
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	RADIO CIUDADANA	600	VICTOR MANUEL RENDON 1066	VIA PASCUALES
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	MORENA AM	640	AV.QUITO 1200 Y AGUIRRE	km 11.5 GUAYAQUIL-SAMBORO
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	CARROUSEL	660	AV. DE LAS AMERICAS	km 14.5 VÍA GUAYAQ-DAULE
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	RADIO ATALAYA	680	RUMICHACA 934 Y VELEZ	LA PROSPERINA
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	RADIO SUCRE	700	AV. JUAN TANCA MARENGO KN	km 15 GUAYAQUIL-SAMBORONDÓN
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	GUAYAQUIL	730	AV.PORT.PASANDO SAN EDUA	VIA GUAYAQUIL -SALINAS km 11
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	CARAVANA AM	750	AV.JUAN TANCA MARENGO KN	km 8.5 VÍA DURAN-TAMBO
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	RADIO EL TELEGRAFO	770	COLON 548 Y BOYACA	DOS CERROS VÍA LA PUNTILLA
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	K 800	800	AV.DE LAS AMERICAS FRENTE A	km 12.5 VÍA DAULE
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	ATALAYA	810	JUAN MONTALVO 1042 Y GARC	EMPALME, CARRETERA DURÁN-TAMBO
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	HUANCAVILCA	830	9 DE OCTUBRE,ED.GRAN PASAJ	KM. 19.5 VIA A LA COSTA
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	SAN FRANCISCO	850	VELEZ 100 Y CHILE 2DO. PISO	SABANA GRANDE SUR GUAYAQUIL
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	CRISTAL	870	LUQUE 1407 Y JOSE DE ANTEPA	km 10.5 VÍA DAULE
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	COLON AM	910	AV.JUAN TANCA MARENGO KN	HACIENDA EL ROSARIO
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	CATOLICA NACIONAL	970	10 DE AGOSTO 504 Y CHIMBOR	km 8.5 VÍA DAULE
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	FRECUENCIA MIL	990	CIRCUNVALACION SUR 111 FRE	VIA A DAULE
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	AMIGA	1010	VICTOR MANUEL RENDON NO.	COLINAS DEL SAMAN
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	ECUANTENA	1030	CDLA.KENNEDY NORTE MZ.206	km 10 1/2 VÍA DURAN
GUAYAS	AMPLITUD MODULADA	AGUILA	1050	SAN MARTIN 1509 Y JOSE DE A	700 m VIA A LA COSTA

Fuente: Autor

### 3.2.1. Muestreo

Se designó como muestreo “Radio Morena” 640AM, cuyo estudio está ubicado Av. Quito 1200 y Aguirre en Guayaquil, Provincia del Guayas ya que esta entre las 20 mejores emisoras más escuchada del Ecuador.

#### 3.2.1.1. Radio enlace de “radio morena” 640 AM

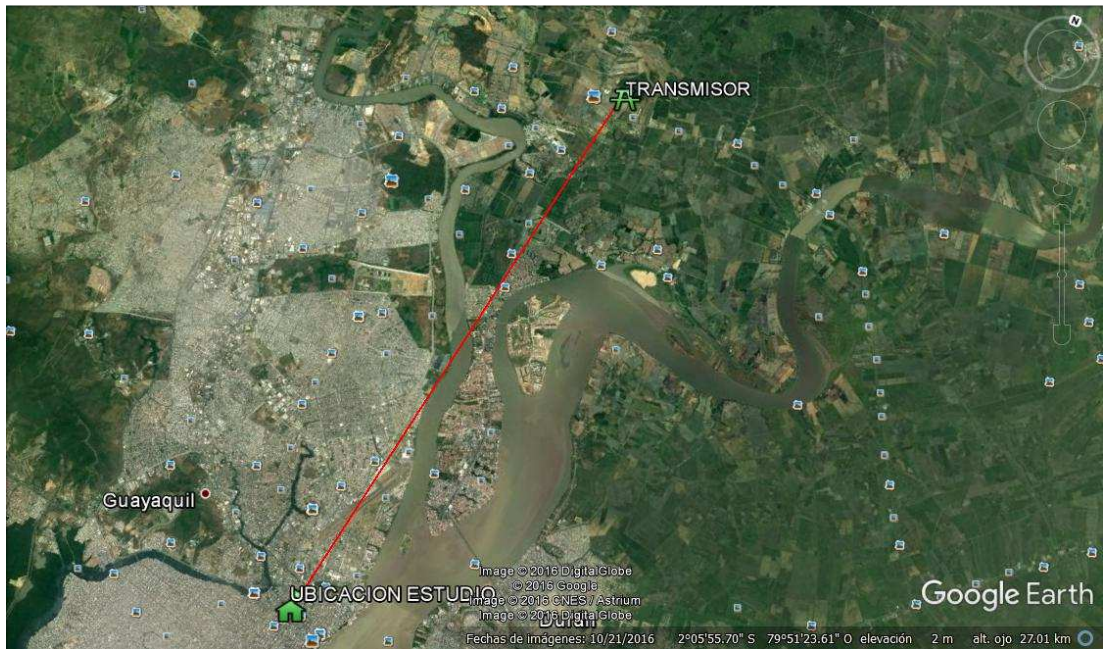


Figura 3. 1: ubicación del estudio Radio Morena AM hacia al transmisor en la ciudad de Guayaquil.

Elaborado por: Autor.

Tabla 3. 3: Coordenadas geográficas de la ubicación de estudio y trasmisor

Estudio		Transmisor	
<b>Latitud</b>	2°11'31,5'' S	<b>Latitud</b>	2° 2'26,9'' S
<b>Longitud</b>	79°53'24,2'' O	<b>Longitud</b>	79°51'37,3'' O
<b>Altura SNM.</b>	10 M	<b>Altura SNM.</b>	6 M

Fuente: Autor



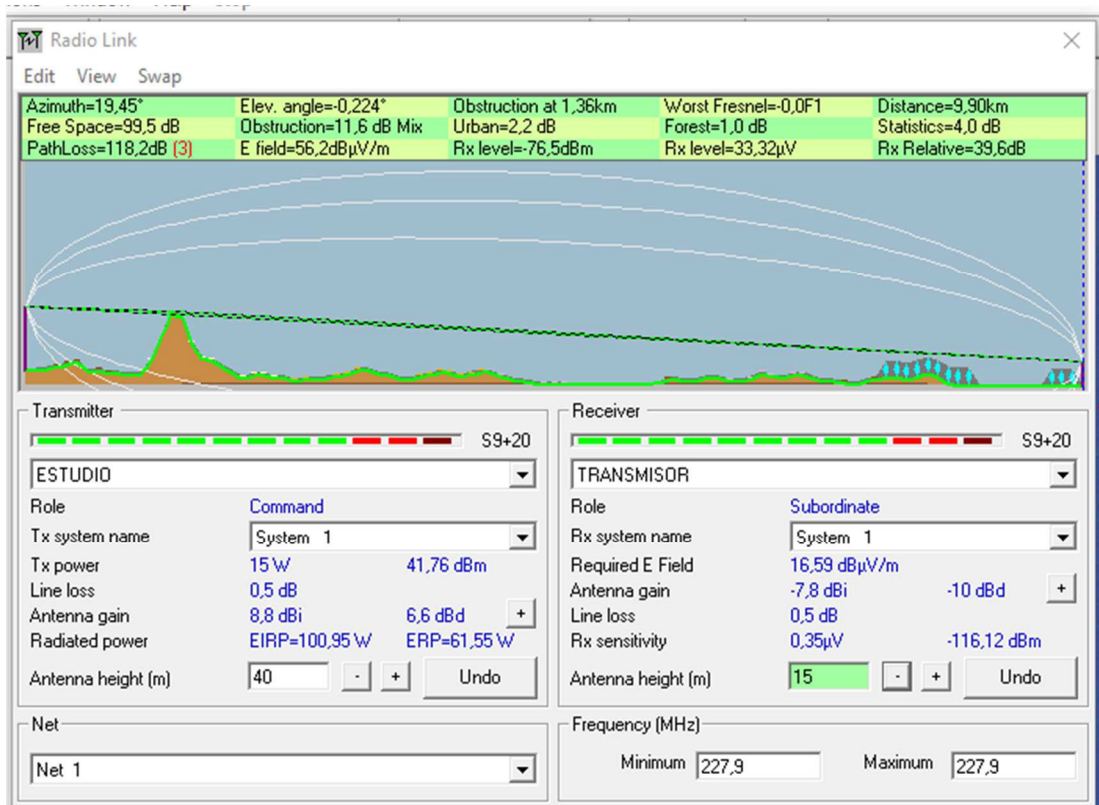


Figura 3. 2: simulación radioenlace en Radio Mobile  
Elaborado por: Autor.

Estudio		Transmisor	
<b>Potencia</b>	15 kw, 41,76 dBm	<b>Campo requerido</b>	16,59 dBμV/m
<b>Ganancia de la antena</b>	8,8 dBi	<b>Ganancia de la antena</b>	-7,8 dBi
<b>Línea de perdida</b>	0,5 Db	<b>Línea de perdida</b>	0.5 dB

Tabla 3. 4: parámetros del sistema de radioenlace

Fuente: Autor

Tabla 3. 5: Datos Geográficos del enlace.

Estudio y Transmisor	
<b>Azimut:</b>	19,45°
<b>Espacio libre:</b>	99,5 Db

<b>Angulo de elevación</b>	0,22 dB
<b>Distancia</b>	9,90 Km
<b>Obstrucción</b>	11,6 Db
<b>Zona de Fresnel</b>	-0,0F1

Fuente: Autor

### 3.2.2. Radio enlace del transmisor al receptor.

En la siguiente figura 3.3, se verifica cómo se transmite de un transmisor a un receptor.

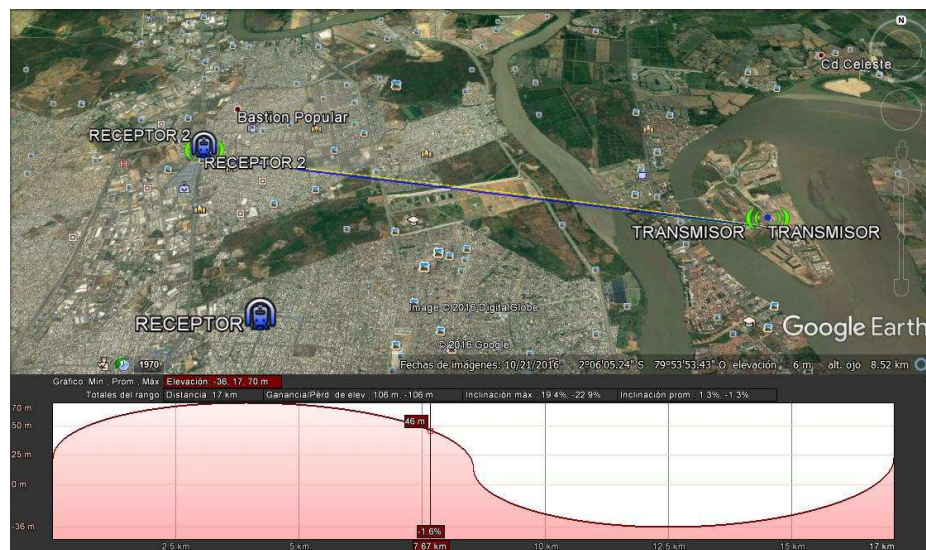


Figura 3. 3: Radioenlace del transmisor al receptor

Elaborado por: Autor

Transmisor		Receptor	
<b>Latitud</b>	2° 2'26,9'' S	<b>Latitud</b>	2° 5'41,49'' S
<b>Longitud</b>	79°51'37,3'' O	<b>Longitud</b>	79°56'9,65'' O
<b>Altura SNM.</b>	6 M	<b>Altura SNM.</b>	6 M

Tabla 3. 6: coordenadas del enlace del transmisor al receptor.

Fuente: Autor

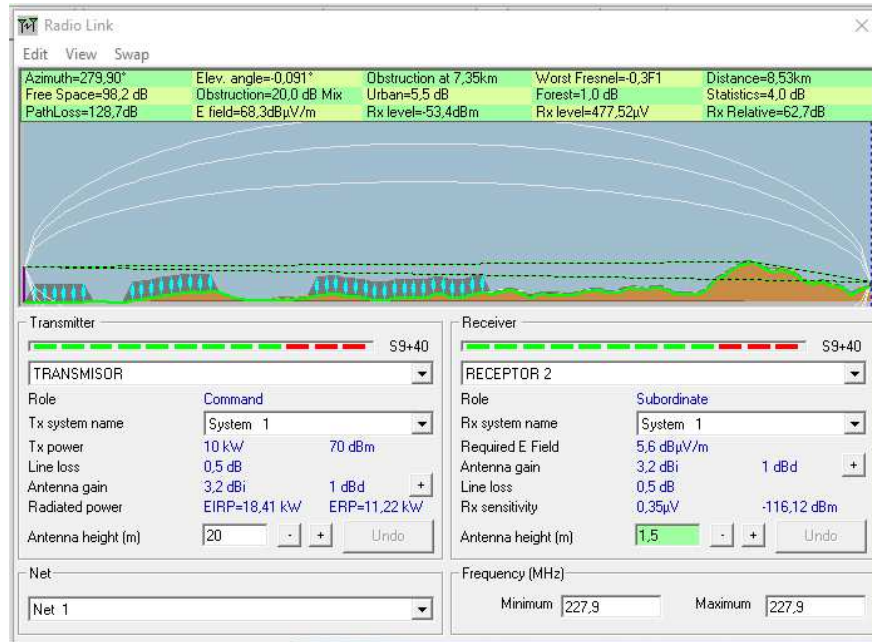


Figura 3. 4: simulación radioenlace en Radio Mobile  
Elaborado por: Autor

Transmisor		Receptor	
<b>Potencia</b>	10 kw, 70 dBm	<b>Potencia</b>	5,6 dB $\mu$ V/m
<b>Ganancia de la antena</b>	3,2 dBi	<b>Ganancia de la antena</b>	3,2 dBi
<b>Línea de perdida</b>	0,5 db	<b>Línea de perdida</b>	0.5 Db

Tabla 3. 7: parámetros del sistema de radioenlace

Fuente: Autor

Tabla 3. 8: Datos Geográficos del enlace

Transmisor Y Receptor	
<b>Azimut:</b>	279,90°
<b>Espacio libre:</b>	98,2 Db
<b>Angulo de elevación</b>	-0,91 Db

<b>Distancia</b>	8,53 Km
<b>Obstrucción</b>	20,0 Db
<b>Zona de Fresnel</b>	-0,3F1

Fuente: Autor

### **3.3. Conversión de una estación de Radiodifusión análoga a digital basado en el estándar DRM.**

Sabemos que una radio analógica transmite su señal de forma que las emisoras de radio difundidas transmitan a diferentes frecuencias. La antena de receptores de ondas de radio, recoge todas las frecuencias. Pero el circuito giratorio de la radio selecciona la frecuencia recibida.

El circuito de un receptor de radio consiste en una bobina de un hilo llamado inductor y un condensador variable. La capacitancia del condensador cambia cuando se gira el mando del sintonizador. Una cierta combinación de inductancia y capacitancia está relacionada con la frecuencia de las señales recibidas.

Las ondas de radio de la antena transmisora de todas las estaciones de radio llegan a su radio y configuran corrientes cambiantes en la antena de radio. Cuando la radio no está sintonizada correctamente, se reciben señales de más de una estación de radio.

Un sintonizador de circuitos selecciona la frecuencia de la estación deseada. Cuando la radio está sintonizada correctamente, la frecuencia del

circuito de sintonía resuena y por lo tanto da preferencia a la frecuencia de las estaciones. Mover la perilla del sintonizador cambia la frecuencia de resonancia del circuito del sintonizador y la emisora oída.

En una posición de antena determinada, una radio adecuadamente sintonizada da una mejor recepción. En esta posición, la antena es perpendicular a la dirección de desplazamiento de las ondas transmitidas. Esto se debe a que las ondas de radio son ondas transversales.

#### **3.4.1 Normas.**

En el ámbito internacional, el espectro de radiodifusión está regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Cualquier cambio en el uso de este espectro, tal como es causada por la introducción de una nueva radiodifusión digital las bandas de radiodifusión, requiere la aprobación de miembros de las administraciones.

El Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R) ha aprobado esta radiodifusión de señales DRM de manera regular en todas las bandas de radiodifusión por debajo de Recomendación UIT-R Rec. BS.1514, «Sistema de radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz ».

Rec. UIT-R. BS.1615 proporciona los parámetros de planificación para el despliegue de DRM30 en todo el mundo mediante la utilización de los acuerdos de planificación existentes para los servicios analógicos de AM.

### **3.4.2 Radio digital, basados en el sistema DRM.**

La gran flexibilidad de DRM es que soporta todo tipo de necesidades de cobertura - desde locales, regionales, nacionales e internacionales. DRM permite una transición sin fisuras a la radio digital con la actualización de la infraestructura de transmisor existente, así como con configuraciones de simulcast analógico-digital, es decir es una transmisión simultánea del mismo programa en analógico a la digital DRM. La radio digital DRM puede ahorrar a las emisoras hasta un 80% en costos de energía y mantenimiento.

El DRM está dividido en dos estándares más que son: El DRM30 y el DRM+, la cual utilizaremos el DRM30 ya que están específicamente diseñados para utilizar las bandas de emisión AM por debajo de 30MHz (onda larga, onda media y onda corta) que permiten la propagación de señales de muy larga distancia.

### **3.4.3 DRM30.**

El sistema permite que las nuevas transmisiones digitales coexistan con las emisiones analógicas actuales y se ha realizado una cantidad significativa de trabajo para cuantificar los parámetros operativos que aseguran la compatibilidad analógica y digital mutua. Por lo tanto, el paso de la radiodifusión analógica a la digital puede ser escalonado a lo largo de un período de tiempo, lo que a su vez permite a los organismos de radiodifusión existentes difundir la inversión necesaria para cumplir con cualquier

restricción presupuestaria. A continuación, en la figura 3.5 se muestra la aplicación de las normas DRM a las diferentes bandas de frecuencias.

System	Multiplex Bandwidth	Suitable Band(s)	Channel Raster ITU Region 1) <sup>1</sup>	Standardisation / Regulation
<b>DRM30 (DRM Mode A-D)</b>	4.5 – 20 kHz	LF, MF, HF	9 kHz or 10 kHz <sup>2</sup> 5 kHz	ETSI ES 201 980 [1] ITU-R Rec. BS.1514 [8]
<b>DRM+ (DRM Mode E)</b>	96 kHz	VHF I, VHF II VHF III	See <sup>3</sup> 100 kHz See <sup>3</sup>	ETSI ES 201 980 [1] ITU-R Rec. BS.1114 [11] ITU-R Rec. BS.1660 [12]

Figura 3. 5: Aplicación de normas DRM a bandas de frecuencias  
Fuente: DRM Consortium,(2013)

### 3.5 Beneficios del DRM.

DRM explota las propiedades únicas de propagación de las bandas AM. Un beneficio presupuestario adicional es la reducción de los costos de energía de transmisión. También, permite a un radiodifusor ofrecer a los oyentes una calidad de audio y una fiabilidad de servicio significativamente mejoradas. Como resultado, las emisoras internacionales pueden proporcionar servicios en SW (onda corta) y MW (onda media) que son comparables a los servicios de FM locales, al tiempo que mejoran la experiencia del oyente con ajustes más fáciles y servicios de datos añadidos

#### 3.5.1 Modos de transmisión.

##### 3.5.1.1 Parámetros relacionados con el ancho de banda de la señal.

Los anchos de canal actuales para radiodifusión por debajo de 30 MHz son 9 kHz y 10 kHz. El sistema DRM está diseñado para ser utilizado:

- Dentro de estos anchos de banda nominales, para satisfacer la situación de planificación actual
- Dentro de la mitad de estos anchos de banda (4,5 kHz o 5 kHz) para permitir la emisión simultánea con señales AM analógicas
- Dentro de dos veces estos anchos de banda (18 kHz o 20 kHz) para proporcionar una mayor capacidad de transmisión donde y cuando las limitaciones de planificación permiten tal facilidad.

#### **3.5.1.2 Parámetros relacionados con la eficiencia de la transmisión.**

Para cualquier valor del parámetro de ancho de banda de señal, se definen parámetros relacionados con la eficiencia de transmisión para permitir un comercio apagado entre la capacidad (tarifa de bit útil) y la rugosidad al ruido, multipath y Doppler. Estos parámetros son de dos tipos:

- Velocidad de codificación y los parámetros de constelación, definiendo qué velocidad de código y constelaciones se utilizan para transmitir datos
  - Parámetros de símbolo OFDM, definiendo la estructura de los símbolos multiplexación por división de frecuencias ortogonales a utilizar en función de condiciones de propagación



### 3.6 Requisitos para un sistema de radiodifusión digital.

Características de los sistemas	Importancia
<b>1 Requisito de la norma del sistema</b> a) El receptor digital debe funcionar en todo el mundo.	A
<b>2 Capacidad para una transición gradual del sistema analógico al sistema digital</b> a) Radiodifusión simultánea («simulcast») (el sistema analógico y el sistema digital comparten un solo canal). b) Multidifusión («multicast») (el sistema analógico y el sistema digital ocupan canales distintos).	A
<b>3 Difusión de datos</b> a) Audio y datos; es decir capacidad de difusión de datos. b) Provisión de control de acceso y aleatorización.	B C
<b>4 Requisitos de la calidad de audio</b> a) Calidad de audio mejorada con respecto a la de los sistemas analógicos equivalentes. b) Multi-idioma o dual-mono. c) Capacidad estereofónica. d) División de velocidad binaria dinámica entre audio y datos (datos oportunistas). e) Velocidad binaria seleccionable en pequeños incrementos y soporte de la velocidad binaria superior a la que podría lograrse en la fecha de introducción.	A B B B B
<b>5 Eficacia espectral</b> a) Una sola frecuencia desde transmisores geográficamente separados o cúbicados. b) Cumple los requisitos de la UIT con respecto a la anchura de banda y a la separación de canales en RF. c) Posible interferencia no superior a la modulación de amplitud equivalente. d) Susceptibilidad a la interferencia no superior a la de la modulación de amplitud equivalente.	B A A A
<b>6 Fiabilidad de los servicios</b> a) Mejora en la fiabilidad de la recepción. b) Disminución importante de la susceptibilidad a los efectos del desvanecimiento. c) 1. Conmutación de frecuencia automática en el receptor. 2. Conmutación de frecuencia automática en el receptor inaudible. d) Recepción en vehículos, portátil y fija. e) Sintonía rápida. f) Degradación gradual. g) Mantenimiento de la zona de cobertura. h) Buena recepción en interiores.	A A A C A A B A A
<b>7 Información del servicio para selección de sintonía</b> a) Selección simplificada de servicios utilizando datos relacionados con el programa para seleccionar el organismo de radiodifusión y el contenido del programa.	B
<b>8 Consideraciones sobre el sistema de transmisión</b> a) Utilización de los actuales transmisores modernos capaces de funcionar con sistemas digitales y analógicos. b) Ahorro de potencia cubriendo la misma zona de servicio con la misma fiabilidad de servicio. c) Las emisiones no esenciales y fuera de banda deben cumplir la reglamentación de la UIT.	A C A
<b>9 Consideraciones sobre el receptor</b> a) La complejidad del sistema no debe impedir la fabricación de receptores de bajo costo. b) La complejidad del sistema debe permitir la fabricación de receptores alimentados por pilas con un bajo consumo de potencia.	A B
<b>10 Compromiso variable</b> a) Posibilidad de seleccionar los parámetros del sistema dependiendo de los requisitos del organismo de radiodifusión.	B

Figura 3. 6: Requisitos de servicio para la radiodifusión digital y su importancia.

Fuente: CADENA JIMENEZ & VASQUEZ ORTIZ (2007)

La importancia del sistema de radiodifusión digital:

A: Obligatoria.

B: Muy deseable.

C: Deseable.

### **3.7 Distribución del programa.**

Vamos a detallar sobre la forma en que los diversos protocolos e interfaces en el DRM. Esto permite que las señales de audio y de control, requeridas por el receptor DRM, sean empaquetadas juntas de manera eficiente, en el estudio o centro de control, y se envía al transmisor DRM.

#### **3.7.1 Distribución multiplex**

El flujo MDI (Interfaz Dependiente del Medio) comprende la siguiente información:

- Multiplex DRM, compuesto por:
  - MSC (CANAL DE SERVICIO PRINCIPAL)
  - FAC (CANAL DE ACCESO RAPIDO)
  - SDC (CANAL DE DESCRIPCION DEL SERVICIO)
- Toda la información necesaria para ejecutar el modulador DRM con la configuración correcta (Modo de robustez, sellos de tiempo para SFN (Redes de Frecuencia Única), etc.)
- Información propietaria opcional

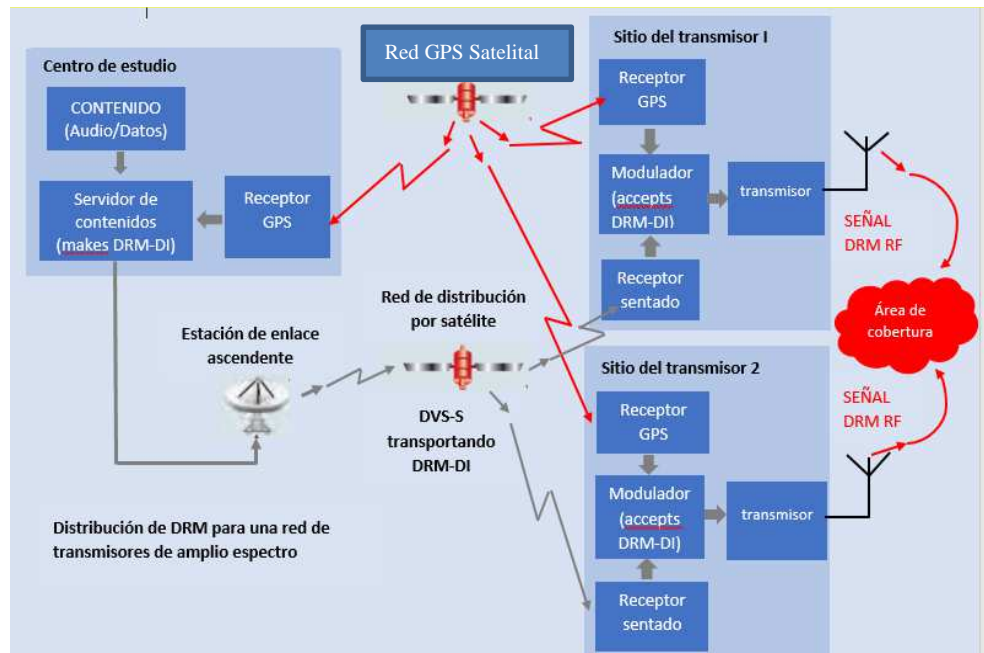


Figura 3. 7: Distribución de red de transmisión DRM  
Elaborado por: Autor

En la figura 3.7 nos muestra como los datos se envían de forma asíncrona en paquetes. Por lo tanto, una gran variedad de mecanismos básicos utilizados, como UDP / IP, líneas serie, Satélite, WAN, LAN e ISDN. Como el multiplex se basa en un 100ms O 400ms DRM, y la transmisión de datos se efectúa de forma asíncrona, tanto el multiplexor DRM como modulador debe poseer su propia fuente de sincronización de tiempo (GPS) para garantizar la estabilidad a largo plazo de este marco.

El flujo MDI es un medio muy eficiente de transferir audio codificado en términos de uso de ancho de banda, mientras que conservando la calidad original del programa. Mediante la colocación de los codificadores y del multiplexor en el audio se puede codificar directamente, utilizando el

eficiente sistema de codificación MPEG, eliminando la degradación a través de la transcodificación.

Con la información adicional de protección y control, la tasa de bits MDI es sólo un 20-25% más alta que la codificada, con el resultado de que una corriente MDI típica es de aproximadamente 27 kb / s para un canal HF estándar y aproximadamente 35kb / s para un servicio MF típico.

Un único canal de distribución de 64kb / s sería adecuado para la mayoría de las combinaciones de sistemas DRM30, ahorrando así un ancho de banda de distribución costoso. Sin embargo, cuando un número de servicios DRM independientes se envían a uno o más sitios comunes, utilizando un sistema multiplexado, puede ser aconsejable utilizar canales de distribución, que se pueden incrementar en pasos más pequeños que 64kb / s, para lograr la mayor eficiencia de capacidad.

Un beneficio adicional de este método de distribución es que es posible enviar el mismo flujo MDI a cualquier número de moduladores. El beneficio es que sólo se necesita comprar un servidor de contenido DRM; sin embargo, el modulador tiene que transmitir el mismo programa de audio usando el mismo Modo.

### **3.7.2 Sincronización de la red**

La creación de un SFN puede lograrse usando un solo servidor de contenido DRM en el estudio de un broadcaster; distribución del flujo MDI a la red de transmisores puede utilizar ya sea satélites o líneas terrestres. Cada transmisor requiere un DRM que se puede asignar un identificador individual para ajustar el retardo de tiempo. La red está configurada de modo que la salida de DRM del transmisor se reciba exactamente al mismo tiempo en una ubicación específica en el objetivo zona.

Esto se logra a través de marcas de tiempo incorporadas en el protocolo MDI, con cada modulador capaz de almacenando al menos 10 segundos de flujo de datos MDI. El DRM Content Server y cada modulador de DRM requieren información de marca de tiempo GPS o un tiempo equivalente referencia. Sin esta sincronización, las señales recibidas serían insuficientemente coincidentes en el tiempo. Esto podría causar que la propagación de retraso exceda el intervalo de guardia, causando interferencia entre símbolos, y las salidas de audio podrían resultar.

Además, se requieren entradas de 1 pulso / segundo (1 PPS) y 10 MHz en el modulador DRM para proporcionar estabilidad RF a largo plazo.

### 3.8 Conversión del transmisor AM.

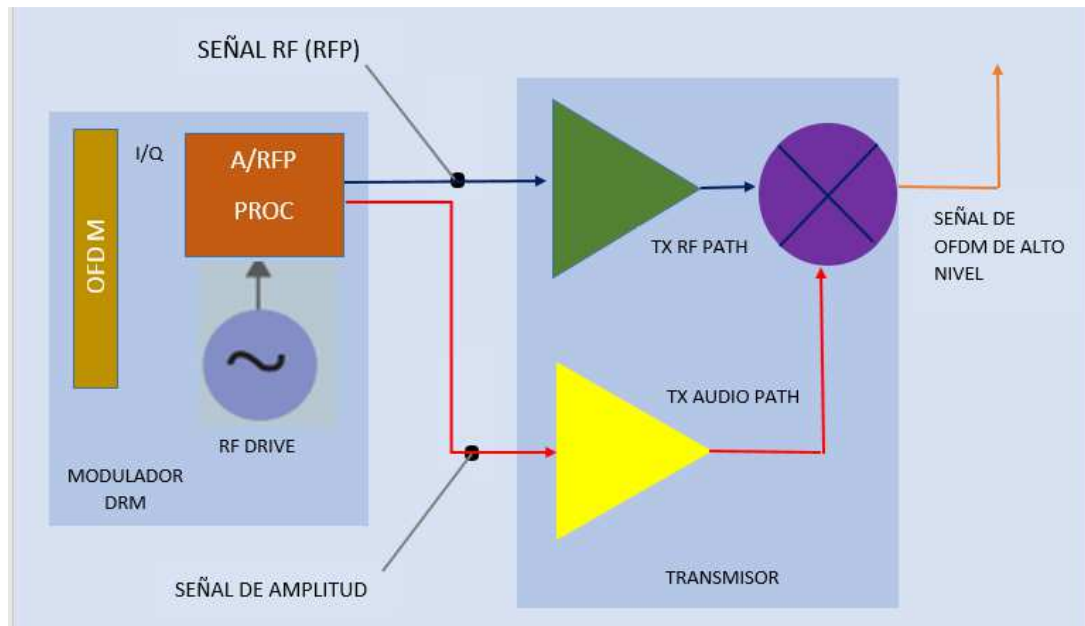


Figura 3. 8: Radioenlace del transmisor al receptor  
Elaborado por: Autor

Se detalla en la figura 3.8 como un transmisor AM de alta potencia tradicional de la señal DRM se convierte primero en Amplitud y fase para la inyección en la entrada de audio del modulador y en el variador de la frecuencia de la portadora respectivamente. Para la sincronización relativa de las señales A y RFP (Fase de Radiofrecuencia) para asegurar el sincronismo en el Modulador, y se recombinan efectivamente a través de este esquema de modulación híbrido.

Para que esta técnica funcione correctamente hay una serie de requisitos que deben ser satisfechos por el transmisor.

- 1) Debe haber una conexión directa (DC) entre el modulador y el amplificador final. Desafortunadamente esto significa que la

técnica A / RFP no puede usarse con transmisores que tengan un transformador de Clase B moduladores acoplados. El offset DC debe coincidir de forma precisa con el transmisor para evitar emisiones.

- 2) La sincronización relativa de las señales RFP y A necesita ser ajustada para asegurar una modulación óptima actuación.
  
- 3) El ancho de banda de la trayectoria de audio en el transmisor debe ser significativamente mayor que el requerido.

Para el funcionamiento normal de AM. Normalmente, el ancho de banda de la trayectoria de audio debe ser al menos 3,5 veces el ancho de banda de la señal DRM deseada. La frecuencia de muestreo del pulso de estado sólido Etapa o Duración del pulso los moduladores (PDM / PSM) deben ser más del doble de este límite de frecuencia para cumplir con los criterios de Nyquist. Algunos filtros de limitación de ancho de banda en la ruta de audio deben eliminarse y el filtro de salida del modulador necesita ser modificado para lograr el ancho de banda requerido.

Al modificar la respuesta del filtro, es importante que se mantiene una característica de retardo de grupo sustancialmente plana sobre la banda de paso. Los fabricantes de transmisores ahora ofrecen transmisores DRM y

AM que pueden cambiar rápidamente entre AM y DRM basado en conocimientos acumulados considerables. También pueden asesorar sobre la conversión de transmisores (LF, MF y HF), muchos de los cuales han sido convertidos en el campo durante los últimos años.

### 3.9 Desarrollo del Receptor.

Un receptor de radio típico consiste de varios bloques básicos en la tabla 3.9 se detallará cada uno de ellos:

Tabla 3. 9: Desarrollo del receptor

1. ANTENA	4. DECODIFICADOR DE SERVICIO DE AUDIO
2. RF	5. AMPLIFICADOR/ ALTAVOZ
3. DEMODULADOR/ MULTIPLEXOR DE-	6. CONTROLADOR DE PANTALLA

Elaborado por: Autor

- La antena, el amplificador y el altavoz son comunes a la recepción analógica y digital, y pueden ser claramente utilizados para ambos.
- Algunas empresas se han especializado en el diseño de módulos integrados que combinan guía de introducción e implementación de elementos DRM de RF, demodulador. decodificador y controlador de pantalla en un "componente", que permite a los fabricantes integrar la radio digital en productos existentes o nuevos.
- Soluciones "modulares" capaces de soportar tanto la tecnología analógica como recepción digital están también disponibles. Estos



pueden emplear procesadores de señales digitales o en circuitos integrados.

- El estándar DRM comparte cierta concordancia con el sistema de radio digital World DMB, especialmente en las áreas de Codificación de audio y datos auxiliares, lo que simplifica el diseño de receptores multi-estándar.

### 3.10 Costos

Se detallará a continuación los costos aproximados de los equipos para la implementación de una radio análoga a digital basada en el estándar del DRM

Tabla 3. 10: equipos de transmisión DRM

CANTIDAD	EQUIPO	COSTOS
1	Transmisor DRM	\$145.000.00
1	Excitador del DRM	\$ 25.000.00
1	Antena de transmisión	\$1.500.00
1	Línea de transmisión	\$1.100.00
1	Conectores y componente de Rf	\$850.00

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 11: equipos de receptor DRM

CANTIDAD	EQUIPO	COSTOS
1	MAYAH 2010	\$200,00
1	Licencia anual DRM	SIN COSTO

Elaborado por: Autor

El gasto aproximado de una radio digital DRM sería \$ 173.650.00 dólares.

### Características del receptor

- MAYAH fue la primera empresa en introducir un Receptor DRM portátil para radio digital de corto, medio y largo radio. Hoy en día, muchas emisoras de radio de todo el mundo difunden el formato DRM y pueden recibirse con el MAYAH DRM Receiver.
- DRM 2010 es un receptor de segunda generación para el estándar Digital Radio Mondiale (DRM). Es el resultado de un esfuerzo de desarrollo conjunto de MAYAH, códigos de tecnologías, AFG e Himalaya.
- El receptor se basa en componentes estándar, lo que permite dimensiones compactas y costes reducidos.
- Recibe bandas en el rango de 9 KHz y 30 MHz.
- Fuente de poder de 110V.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

Dado como concluido mi trabajo de tesis daré a conocer algunas razones por lo cual es necesario la migración de radio analógica a digital:

- Mayor eficiencia en el sistema de transmisión y menor consumo de energía eléctrica en la alimentación del sistema, lo cual provee ahorro económico.
- La migración de radio analógica a digital provee una mayor calidad de audio debido al proceso ante la atenuación ya que puede ser amplificada y reconstruida al mismo tiempo, gracias a los sistemas de regeneración de señales.
- En vista que el ministerio de telecomunicaciones y sociedad de la información ha declarado el apagón analógico este año en junio del 2017, la migración de sistema analógico hacia sistemas digitales es un procedimiento ineludible.
- La radio digital permite añadir más información y brindar nuevos servicios al radioescucha.

#### **4.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda que para la implementación de una radiodifusión digital se debe basar bajo las normas de UIT y la regulación actual.
- El estado debería ayudar para el financiamiento con los costos para la transición a digital para los radiodifusores del alcance local, públicos y comunitario.
- Se debe realizar un conjunto de grupos y audiencias para la discusión del cómo implementar una radiodifusión digital sus beneficios y objetivos que ofrecen las nuevas tecnologías para la radiocomunicación digital para los oyentes y radiodifusores.
- Efectuar mantenimientos preventivos bajo un cronograma con el fin de mantener un óptimo de funcionamiento de radiodifusión.

### 4.3. GLOSARIO

**AM:** Amplitud Modulada

**FM:** Frecuencia Modulada

**DSB:** Doble Side Band (Doble Banda Lateral)

**RDS:** Radio Data System (Sistema de radiodifusión de datos)

**HSDS:** High Speed Data System (Sistema de datos de alta velocidad)

**HF:** High Frequency (Alta Frecuencia)

**VHF:** High Very Frequency (Muy Alta Frecuencia)

**DAB** Digital Audio Broadcasting (Radiodifusión de audio digital)

**DRM:** Digital Radio Mondiale (Radio Digital Mundial)

**EPG:** Guía Electrónica de Programas.

**IBOC: In-band On-channel** (canal dentro de banda).

**DSR:** Digital satellite radio (radio digital por satélite)

**ADR:** Astra digital radio (Radio digital Astra)

**MDI:** Interfaz Dependiente del Medio)

**MSC:** canal de servicio principal

**FAC:** canal de acceso rápido

**SDC:** canal de descripción del servicio

**SFN:** Redes de Frecuencia Única

**RFP:** Frecuencia de la Portadora Respectivamente

**OFDM:** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIO COMMUNICATION. (2016). Radio-Electronics.com: resources, analysis & news for electronics engineers. Recuperado el 3 de enero de 2017, a partir de <http://www.radio-electronics.com/>

Arabian construction company. (2011). What Are The Different Types Of Broadcasting Systems? Recuperado el 18 de enero de 2017, a partir de <http://www.accwll.com/articles/what-are-different-types-broadcasting-systems>

CADENA JIMENEZ, L. E., & VASQUEZ ORTIZ, D. P. (2007). *MIGRACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL POR DEBAJO DE LOS 30 MHZ EN EL PAIS*. ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, QUITO. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf>

Charmaineas. (2016, enero). *Broadcasting Systems*. Internet. Recuperado a partir de <http://es.slideshare.net/charmaineas/broadcasting-systems>

DRM Consortium. (2013). *DRM Introduction and implementation Guide*. Recuperado a partir de <http://www.drm.org/wp-content/uploads/2013/09/DRM-guide-artwork-9-2013-1.pdf>

DZ RADIO. (2016, COPYRIGHT). Radio broadcasting – Radio Blog. Recuperado a partir de <http://www.dzradio.org/blog/radio-broadcasting/>

East West Informativ.LTD. (2014). Television, Radio, Satellite Broadcasting | East West Informativ. Recuperado el 30 de diciembre de 2016, a partir de <http://broadcast.eastwestin.com/>

ELECTRONICS NOTES. (s/f). What is DAB | Digital Audio Broadcasting Tutorial |

Electronics Notes. Recuperado el 18 de enero de 2017, a partir de  
<https://www.electronics-notes.com/articles/audio-video/broadcast-audio/digital-radio-audio-broadcasting-dab-tutorial.php>

Engr. Yomi Bolarinwa, M. H. (2016). BROADCAST SPECTRUM CHALLENGE

Engr. Yomi Bolarinwa FNSE,MIEEEE,MSBE Broadcast Engineer. - ppt  
download. Recuperado el 13 de enero de 2017, a partir de  
<http://slideplayer.com/slide/4553287/>

Garcia Santiago. (s/f). Manual para Radialistas Analfatécnicos. Recuperado el 24 de  
enero de 2017, a partir de <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=24>

HAM Radio. (2012, mayo 18). BANDAS Y FRECUENCIAS DE

RADIOAFICIONADOS: BANDAS Y FRECUENCIAS DE

RADIOAFICIONADOS. Recuperado a partir de

<http://frecuenciasradioaficion.blogspot.com/2012/05/bandas-y-frecuencias-de.html>

IPTV. (2009). Digital Audio Broadcast - DAB. Recuperado el 20 de enero de 2017, a

partir de <http://www.iptvdictionary.com/IPTVDictionary-Digital-Audio-Broadcast-DAB-Definition.html>

Isha Negi. (2014). *Antennas wave and propagation*. Tecnología. Recuperado a partir

de [http://es.slideshare.net/ishanegi35/antennas-wave-and-propagation?qid=24afa528-02f6-49de-80f4-305d2e25a9a8&v=&b=&from\\_search=7](http://es.slideshare.net/ishanegi35/antennas-wave-and-propagation?qid=24afa528-02f6-49de-80f4-305d2e25a9a8&v=&b=&from_search=7)

Jimbo. (2009, mayo 8). Analog vs. Digital - learn.sparkfun.com. Recuperado el 8 de enero de 2017, a partir de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/analog-vs-digital>

Joaquin Bedoya. (2012, agosto 29). ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. Recuperado a partir de <http://juaco587.blogspot.com/2012/08/atribucion-de-bandas-de-frecuencia-del.html>

Kroll Stefan, & Kaiser Christoph. (s/f). *channel encoding & decoding*. Recuperado a partir de <http://www.martinschober.com/projekte/viterbi.pdf>

Ponce Gabi. (2011, junio 30). PAPEL Y LÁPIZ: Servicios de Telecomunicación en Radiodifusión y Televisión. Recuperado a partir de <http://integracionmonopolica.blogspot.com/2011/06/servicios-de-telecomunicacion-en.html>

Profesor Chuah y kishore. (2005). Wireless Signals Profs. Chuah and Kishore EMC 165 Spring ppt download. Recuperado el 17 de enero de 2017, a partir de <http://slideplayer.com/slide/4213022/>

Radio Bronka 104.5 FM. (2014, UTC). *Qué es el DRM ?* Recuperado a partir de <http://es.slideshare.net/RadiosLliurescat/qu-es-el-drm>

"Radio Instruction Course. (1939, 1945). Uncrackable codes in WWII · Golden Age of Radio in the US · DPLA Omeka. Recuperado el 3 de enero de 2017, a partir de <https://dp.la/exhibitions/exhibits/show/radio-golden-age/radio-frontlines/radio-codes>



Rafael Calzadilla. (2012). Transmisión y Recepción de Ondas Electromagnéticas.

Recuperado a partir de <http://electromagneticas->

[calzadilla.blogspot.com/2012/11/transmision-y-recepcion-de-ondas.html](http://calzadilla.blogspot.com/2012/11/transmision-y-recepcion-de-ondas.html)

Tbuoy Desings. (2016). Digital Radio Mondiale | Summary. Recuperado el 20 de

enero de 2017, a partir de <http://www.drm.org/what-is-drm-digital->

[radio/summary/](http://radio/summary/)

Víctor Veracruz. (2013, Abril 12). El rincon de la electronica. Recuperado el 9 de

febrero de 2017, a partir de <http://victorelectronicaymecanica.blogspot.com/>

WORLDAB. (2017). Features of DAB/DAB+ | WorldDAB. Recuperado el 19 de

enero de 2017, a partir de <https://www.worlddab.org/technology->

[rollout/standards/features-of-dab-dab-plus](https://www.worlddab.org/technology-rollout/standards/features-of-dab-dab-plus)

Wright Steven. (2012, Octubre 16). Transmission. Recuperado el 4 de enero de 2017,

a partir de <http://www.danalee.ca/ttt/transmission.htm>



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Castro Franco, Cinthia Carolina** con C.C: # 0931065031 autor del Trabajo de Titulación: **DISEÑO DE UNA ESTACION DE RADIODIFUSION AM DIGITAL EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de Marzo de 2017

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Castro Franco, Cinthia Carolina

C.C: 0931065031



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	DISEÑO DE UNA ESTACION DE RADIODIFUSION AM DIGITAL EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL		
<b>AUTOR(ES)</b>	CASTRO FRANCO, CINTHIA CAROLINA		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. RUILOVA AGUIRRE MARIA LUZMILA		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	15 de marzo de 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	81
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas de comunicación, transmisión, señales y sistemas.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Radiocomunicación, Transmisión, Radio analógica, Radio AM, Radio Digital, DRM.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>En el presente proyecto de titulación se dará a conocer sobre el diseño de una estación de radiodifusión AM digital en la ciudad de Guayaquil ya que se utilizarán estándares de radiodifusión digital como es el DRM (Digital Radio Mondiale), ha sido diseñado como el sucesor de las trasmisiones de modulación de amplitud (AM) que han existido desde los primeros días de la radio. En el primer capítulo se hará una pequeña introducción de la evolución a la radio digital, cual es el problema que poseen y la evolución a pasar de los años. Se encontrará una justificación de cómo será el cambio de radio analógico a la digital. En el capítulo 2 se hablará un poco de marco teórico, de cómo comenzó la radio, la diferencia de AM y FM, el funcionamiento de una radiodifusión analógica a digital basada en el estándar DRM, sus características y beneficios. En el capítulo 3 se hablará de como implementaremos una radio digital, escogimos una radio muy conocida como es RADIO MORENA 640 AM, se estudiará cómo sería el cambio a una radio digital, ya que sucederá el apagón analógico el 30 de junio del 2017 y todas las radios AM deberán emigrar a radio digital. DRM ha sido diseñada para coexistir con, y eventualmente reemplazar, las actuales transmisiones AM en todo el mundo. Tendrá unos abundantes suministros de receptores de bajo costo y adaptarse bajo las normas de la UIT.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-9-67083973	E-mail: cinthia_castro15@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-68366762		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			